

システム開発

15 - F - 8

有機廃棄物を利用した塩害のない融雪剤  
製造プラントの開発に関する  
フィージビリティスタディ

報 告 書

要 旨

平成 16 年 3 月

財 団 法 人 機 械 シ ス テ ム 振 興 協 会

委 託 先 財 団 法 人 エ ン ジ ニ ア リ ン グ 振 興 協 会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

## 序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、都市、防災、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには技術開発力の強化に加えて、多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢の変化に対応するため、財団法人機械システム振興協会では、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、経済産業省のご指導のもとにシステム技術開発調査研究事業、システム開発事業、新機械システム普及促進事業等を実施しております。

このうち、システム技術開発調査研究事業およびシステム開発事業については、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長：放送大学教授 中島 尚正氏）を設置し、同委員会のご指導のもとに推進しております。

本「有機廃棄物を利用した塩害のない融雪剤製造プラントの開発に関するフィージビリティスタディ」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人エンジニアリング振興協会に委託し、実施した成果をまとめたもので、関係諸分野の皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成 16 年 3 月

財団法人 機械システム振興協会

## はじめに

我が国の国土面積の約6割を占める積雪寒冷地域では、冬季の道路交通の安全性・円滑性の確保のため主に塩化物系融雪剤（凍結防止剤）が使用されており、それに含まれる塩素による車両や橋梁などの腐食劣化や街路樹など植栽への悪影響など周辺環境への影響が課題となっています。一方、食品および食品材料などの加工により発生する有機系の廃棄物は、大量に発生しており、それらの廃棄物の有効利用が課題となっています。

これらの廃棄物を原料として、塩害のない融雪剤を製造する機械システム技術を実現することは、廃棄物の有効利用および融雪剤による塩害の防止に役立つと共に、冷熱エネルギーとしての雪の利用に際し、塩分の除去や塩害への対応をする必要がなくなり、新エネルギー特別措置法の対象に加えられた雪氷冷熱の都市での利用が拡大することになります。従って、有機融雪剤の普及は寒冷地域における都市再生の一翼を担うものとしても期待されています。また、食品系有機廃棄物から有用再生製品（有機融雪剤）を製造するため、環境保全に効果的であり、かつ、地域の交通利便性にも寄与するため公共性が高く、各地域で広く普及を図るべき性格のものであります。

本書は、食品系の有機廃棄物を原料として、塩害のない有機融雪剤の製造プラントに関するフィージビリティスタディ（以下スタディという）を行った結果であります。

本スタディの成果が、今後の食品系廃棄物の有効利用と産業育成ならびに融雪事業の一助となることを切望する次第であります。

平成 16 年 3 月

財団法人 エンジニアリング振興協会

# 目 次

1 . スタディの目的	1
2 . スタディの実施体制	2
3 . スタディの内容	5
3.1 有機融雪剤製造システムの実用化に関する研究	6
3.1.1 有機廃棄物原料の選定	7
3.1.2 有機融雪剤製造工程と課題	8
3.1.3 高濃度スラリー調製手法の検討	9
3.1.4 分解懸濁液の固液分離効率化	13
3.1.5 有機酸アルカリ金属塩溶解工程の高効率化	24
3.1.6 有機融雪剤製造プラントフロー	27
3.2 有機融雪剤の試作と性能・特性評価	28
3.2.1 有機分解液の性状・成分把握と環境影響推定	28
3.2.2 有機融雪剤試作と融雪剤の融氷・融雪特性	34
3.3 有機融雪剤製造事業と製造プロセスに関する検討	41
3.3.1 有機廃棄物の発生特性に合った資源化と製造プロセスの検討	42
3.3.2 事業形態の検討	46
4 . まとめ	48
4.1 有機融雪剤製造システムの実用化検討	48
4.2 有機融雪剤の試作と性能・特性	48
4.3 有機融雪剤製造事業と製造プロセス	48
4.4 事業化開発へ向けて	49

## 1. スタディの目的

我が国の国土面積の6割を占める積雪寒冷地域では、冬季の道路交通の安全性・円滑性の確保のため塩化物系融雪剤（凍結防止剤）が使用されており、塩化物系薬剤に含まれる塩素による車両や橋梁などの腐食劣化や街路樹への悪影響など周辺環境への影響が課題となっている。そのため、新しいタイプの非塩化型凍結防止剤（有機系凍結防止剤）およびその効果的な使用方法の開発が望まれている。

一方、都市域を中心に大量の食品廃棄物が発生しており、その有効利用が課題となっている。我が国の食品廃棄物の年間発生量は、2,000万t前後にのぼっており、その有効利用施策として、平成13年度の食品リサイクル法の施行およびバイオマス・ニッポン総合戦略などの策定がなされ、従来主な有効利用用途であった堆肥化や飼料化に加え、有機廃棄物有効利用の新たな流れとして、バイオガスへの変換、その他の新規用途開発に向けた研究・実証が進められようとしている。

そこで、本スタディにおいては、塩害のない融雪剤を食品廃棄物を原料として製造し、その普及により融雪に伴う塩害の防止を実現することを目指して、融雪剤を有機廃棄物から製造するためのプラントを開発することを目的とした。

## 2. スタディの実施体制

本スタディでは、財団法人機械システム振興協会内に「総合システム調査開発委員会」を、財団法人エンジニアリング振興協会内に「有機廃棄物を利用した塩害のない融雪剤製造プラントの開発に関する委員会」を設置した。また、スタディの実施のため、財団法人エンジニアリング振興協会内に実行組織を設置し、上記委員会の指導のもと、開発目標および開発計画の策定、実験の詳細計画作成、実験結果の解析・評価を実施した。

本スタディの実施体制を図 2-1 に示す。

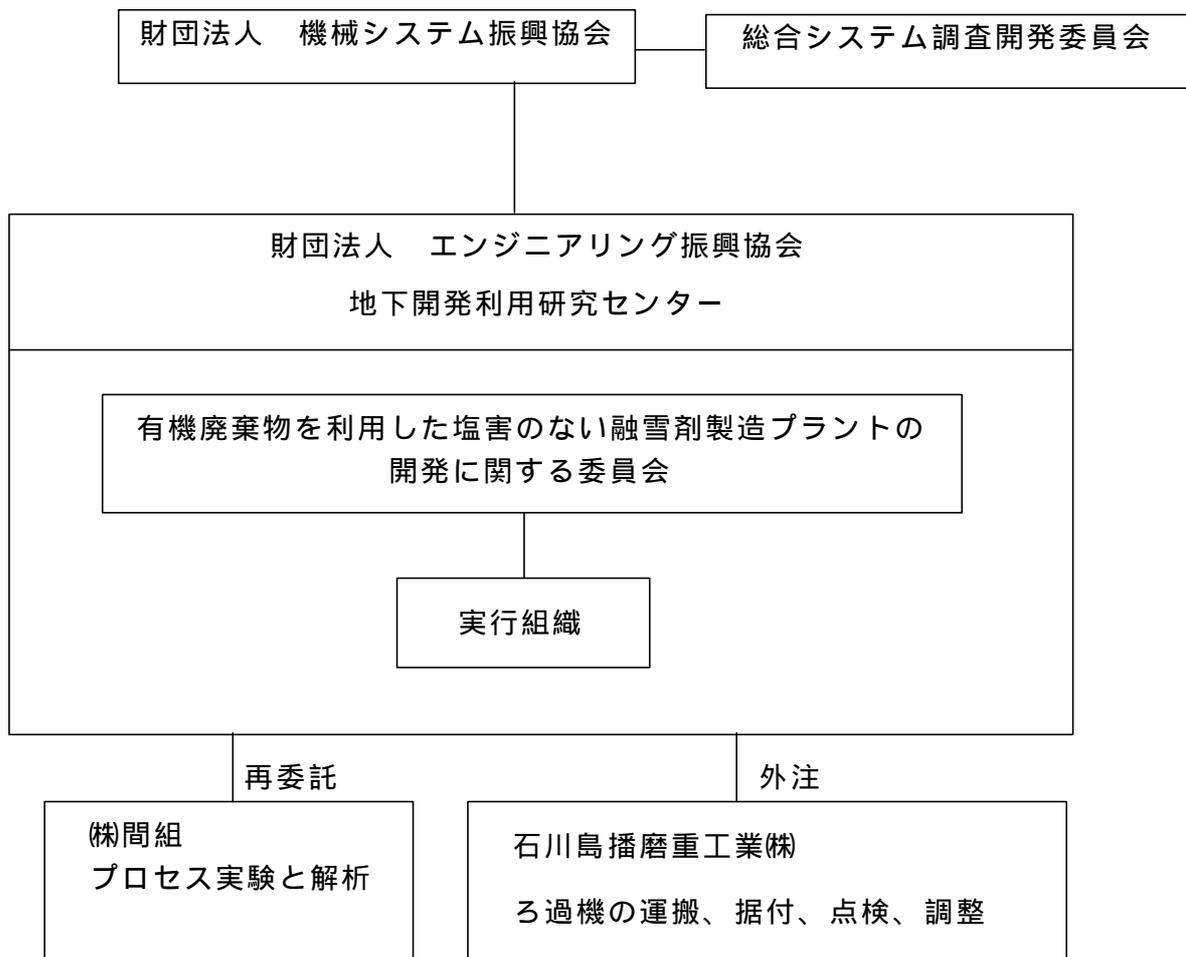


図 2-1 本スタディの実施体制

総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	放送大学 教授 東京多摩学習センター所長	中 島 尚 正
委 員	政策研究大学院大学 政策研究科 教授	藤 正 巖
委 員	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授	廣 田 薫
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 助教授	藤 岡 健 彦
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 つくば中央第2事業所 管理監	太 田 公 廣
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 シニアリサーチャ	志 村 洋 文

有機廃棄物を利用した塩害のない融雪剤製造プラントの開発に関する委員会  
委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	神田 鷹久	信州大学工学部物質工学科教授
委員	矢部 光保	農林水産省農林水産政策研究所 環境評価研究室長
委員	浅野 基樹	独立行政法人北海道開発土木研究所 道路部交通研究室長
委員	中田 仁史	社団法人食品需給研究センター 研究員
委員	今岡 孝	石川島播磨重工業株式会社 回転機械事業部汎用機械設計部 分離機グループ 課長
委員	西原 潔	株式会社竹中工務店 環境ビジネスプロデュース本部 課長
委員	吉村 和彦	株式会社間組 技術・環境本部環境事業開発部長
オブザーバー	吉岡 孝	経済産業省製造産業局産業機械課国際プラント推進室 課長補佐
オブザーバー	鈴木 孝一	経済産業省経済産業政策局地域経済産業グループ 産業施設課課長補佐
オブザーバー	森田 富幸	農林水産省総合食料局食品産業企画課食品環境対策室 課長補佐
オブザーバー	小川 孝樹	経済産業省北海道経済産業局環境資源部 新エネルギー対策課長
オブザーバー	島田 雄二	経済産業省北海道経済産業局 環境資源部環境産業振興室長
事務局	前田 信行	財団法人エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター技術開発第一部 主任研究員
協力員	麻生 公裕	株式会社間組 技術・環境本部環境事業開発部 部長
協力員	山内 寛	株式会社間組 技術・環境本部技術研究所先端研究室 課長

### 3. スタディの内容

本スタディは、食品系有機廃棄物（主に業務用食品および食品加工系廃棄物）を原料として塩害のない融雪剤を製造し、それを広く使用することで、融雪に伴う塩害防止の実現を目指して、有機廃棄物利用融雪剤の造プラントの実用化に向けたスタディを行った。

#### (1) 有機系廃棄物を原料に用いる融雪剤製造プロセスの実用化

食品系有機廃棄物の加水破碎物（スラリー）を高速攪拌好気分解処理して、低臭気の分解懸濁液を得、得られた高濃度の分解懸濁液の固液分離（加圧ろ過脱水）を効率的に行うためのソフト・ハードの開発を実施する。また、この処理で得られた有機分解液（固液分離後の液体）にアルカリ金属塩を溶解して融雪液剤を調製するプロセスは非常に緩慢となることが予想されているため、実用可能なプラント技術を達成する。

加圧ろ過脱水を効率化するための高濃度原液スラリー調製手法の検討

- ・食品系有機廃棄物の破碎スラリーは、有機物濃度が高くなると粘度増加と固液分布の偏りにより攪拌分解効率が低下し、分解懸濁液の性状が悪くなり、固液分離が困難となる。このため、pH 中和機能を持つ鉱物を添加して、分解の初期段階での急速な酸性化を緩和し、同時に有機固形分の分散化を容易にすることにより、分解懸濁液の性状を改善し、後工程の分解懸濁液のろ過脱水を効率化することを目指す。

微粒固形分を含む高濃度有機性懸濁液の固液分離処理時間短縮と分離液脱色

- ・加圧ろ過工程において、送液・加圧速度をろ液回収流量の変化などに連動して実施可能な制御方法を開発して、トータルのろ過処理時間短縮を図る。
- ・鉱物系助剤や凝集剤を添加することにより、分離液を可能な限り脱色する。

有機酸アルカリ金属塩溶解工程の高効率化

- ・有機分解液には低分子有機酸と種々の無機物が溶け込んでおり、添加する高吸湿性の有機酸アルカリ金属塩（粒状固体）は溶けにくいことから、添加剤の固着を防ぎながら、容易に溶解するための装置機器について検討する。

#### (2) 有機融雪剤の試作と融雪効果検討

有機廃棄物の分解処理で得られた有機分解液を母材に、有機融雪液剤を試作する。室内試験および路上試験において、試作した有機融雪剤の融雪効果を確認し、従来の融雪剤等との比較評価を実施するとともに、環境に対する影響についても検討する。

有機分解液の性状確認

- ・いくつかの条件で固液分離して得られた有機分解液の有機分・無機分濃度、色度、富栄養塩（全窒素、全リン）濃度などを定量、比較する。

試作した融雪剤の融雪効果と環境に対する影響の検討

- ・試作融雪剤の成分性状を確認し、室内試験や路上試験により融雪効果を確認する。
- ・有機融雪剤を使用した場合に、周辺環境に与える影響について検討を行う。

#### (3) 融雪剤製造事業の製造プロセスと事業形態の検討

有機廃棄物の種類に応じた収集・処理・製造プロセスについて、具体的に検討するとともに、事業形態に関する課題抽出検討を行う。

### 3.1 有機融雪剤製造システムの実用化に関する研究

食品系未利用有機資源の新規再生利用の一つとして、食品廃棄物を原料とした有機融雪剤製造プロセスおよび製品実用化の検討内容の概略を記す。

本スタディの対象とする有機融雪剤の製造システムは、図 3.1-1 に示すように、食品系廃棄物を 80 程度の高温で液状化し、この分解懸濁液から得られる有機分解液（無臭気）を母材に、有機酸アルカリ金属塩を添加溶解して、塩素をほとんど含まない有機融雪剤を製造するものである。

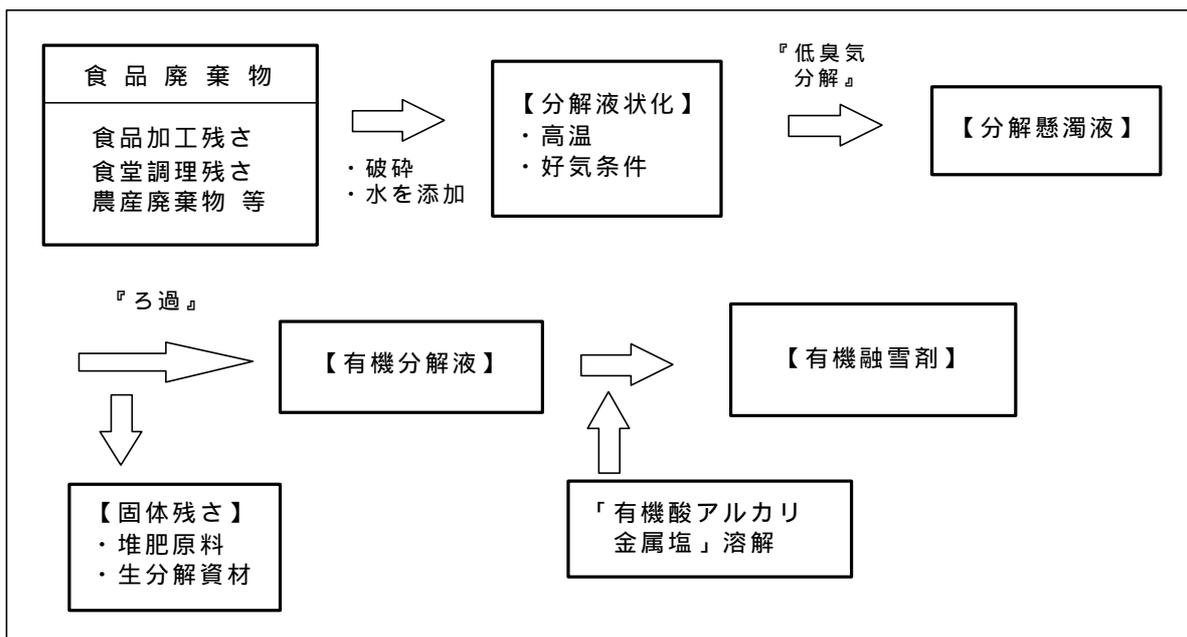


図 3.1-1 有機融雪剤製造システム基本フロー

### 3.1.1 有機廃棄物原料の選定

本調査では、食品製造工場で排出される食品系事業廃棄物と流通段階や消費段階で発生する廃棄食品や調理くずなどの事業系生ごみを有機融雪剤製造の検討対象に選んだ。以下にその概要を記す。

#### 食品系事業廃棄物

有機融雪剤の原料に適した食品系有機廃棄物としては、塩化物の含有が少なく、均質で内容の変動も小さい工場発生の食品系事業廃棄物あげられる。国内で発生する食品系事業廃棄物で、未利用の割合が比較的多いものの発生量と主な利用状況を表に示す(表 3.1.1-1)。

表 3.1.1-1 融雪剤原料に適した未利用食品系事業廃棄物

種類	水分	推定年間発生量	主な利用状況	積雪地での発生比率
おから	80%前後	75万 t	肥飼料 86%、食品 4%	-
焼耐かす	90%超	34万 kL	肥料 19%、飼料 19%	低い
みかん果汁残さ	85%前後	2.5~15万 t	飼料 87%	低い
りんご果汁残さ	80%前後	4.4~8.6万 t	飼料 64%、肥料 13%	高い
馬鈴薯澱粉かす	90%超	77.7万 t	飼料 70%	高い

出典：有機廃棄物資源化大辞典（農山漁村文化協会刊、1997）

上記のうち、糖質など可溶性成分を多く含む果汁製造残さが有機融雪剤原料として適すると考えられる。なかでも、積雪寒冷地での発生が多くを占めるりんご果汁製造残さ（以下りんご搾りかすと記す）が比較的過処理が困難であるので、原料の代表としてこれを有機融雪剤製造検討の実験対象に選んだ。馬鈴薯澱粉かすは発生量が多く原料への適用が期待されるが、富栄養塩（リン、窒素）の含有が多く、これらの効果的な除去手段の目処がついていないため、現時点では検討対象としなかった。

#### 事業系生ごみ

食品廃棄物のうち主に都市域およびその近郊で発生する一般廃棄物、いわゆる生ごみは、年間の発生量は1,600万 t以上におよび、その減量率・再生利用率は極めて低いレベルにとどまっている。そこで、一般廃棄物生ごみのうちで、たばこの吸い殻など有機分解の妨げになる成分や金属等の異物の混入が少ない事業系生ごみも有機融雪剤原料に用いて、検討・試作を実施することとした。

事業系生ごみの年間発生量は600~700万 tと、家庭系生ごみの1,000万 tに比して量的には少ないが、一部を利用するとしても有機融雪剤原料には十分である。また事業系生ごみは、地域の別なく、大量入手が可能な廃棄物系有機資源であると考えられる。

ただし、調味料を含む食べ残しや売れ残りなどが一定量以上含まれる生ごみでは、有機融雪剤への混入が大きな問題となる塩化物の含有がある程度は避けられないことが予想される。全国の自治体で推進の気運が高まっている生ごみの堆肥利用においても、長期的施用で農地への塩類集積が危惧されるが、対策技術が見いだされていないのが現状である。そのため、融雪剤の品質確保に塩素濃度低減が必須要件であれば、塩化物を多く含む廃棄物を除去するなどひとつの方策であると考えられる。

### 3.1.2 有機融雪剤製造工程と課題

食品廃棄物を原料にした有機融雪剤製造プロセスの実用化に関しては、主に下記の3つの工程に課題があり、それぞれの工程の合理化と最適化あるいは改良を図る必要があった。

製造プロセスにおける技術的課題と開発内容（ソフト・ハード）を整理して図 3.1.2-1 に示す。

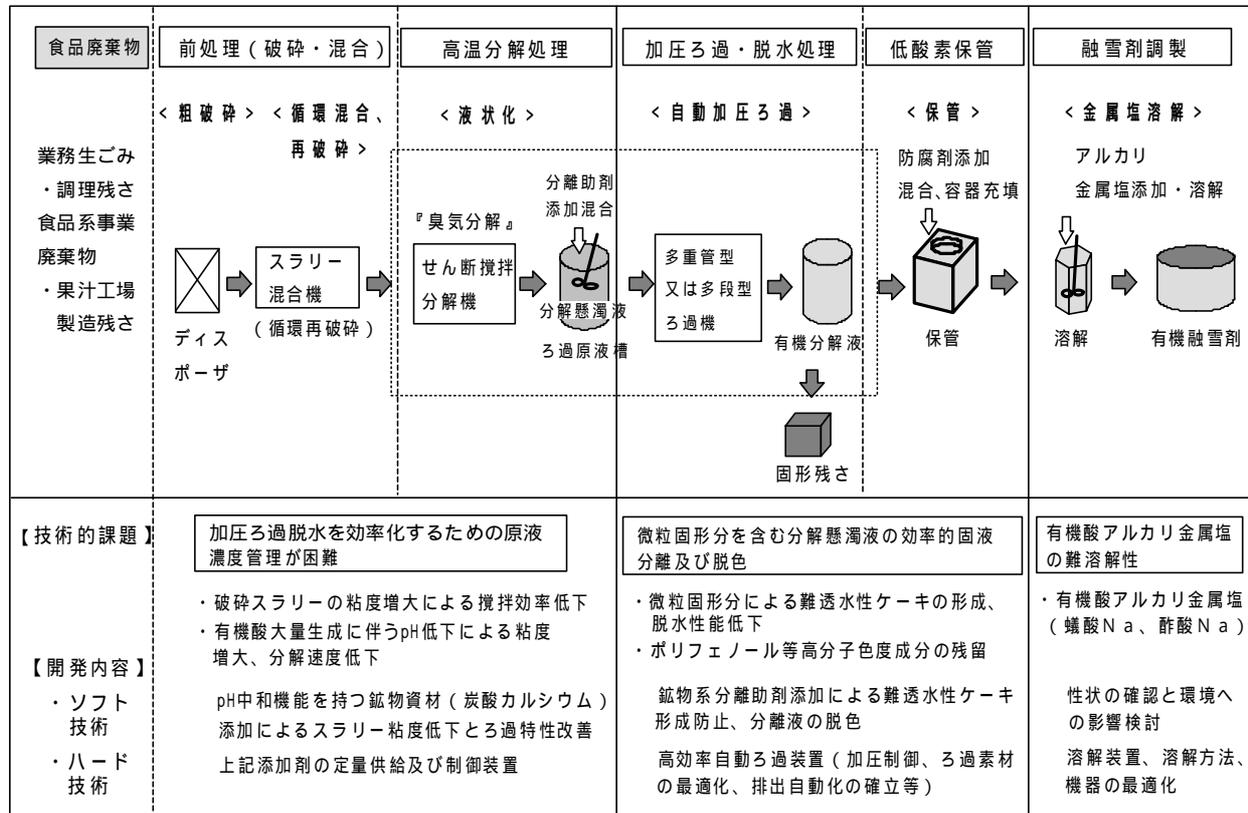


図 3.1.2-1 有機融雪剤の製造工程と開発内容

#### 『製造プロセスにおける技術的課題』

高濃度の原料スラリーの調製工程

加圧ろ過脱水を効率化するための原液濃度管理が困難

高濃度の分解懸濁液の固液分離工程

微粒固形分を含む分解懸濁液の効率的固液分離および脱色

回収した有機分解液への有機酸アルカリ金属塩溶解工程

有機酸アルカリ金属塩の難溶解性

有機融雪剤製造工程では、まず食品系有機廃棄物の加水破碎物（破碎スラリー）を高速攪拌好気分解処理して、低臭気の分解懸濁液を得る。このとき、高濃度の破碎スラリー調製と効率的な液状化・分解を可能とし、同時に得られた高濃度の分解懸濁液の固液分離を効率化できるソフト・ハード技術を開発するための検討を実施した。固液分離工程の検討においては、同時に脱色と富栄養塩濃度低減の条件につき検討した。

次に、液状化処理で得られた有機分解液にアルカリ金属塩を溶解して有機融雪剤を調製する工程の効率化を図り、工業的に適用可能な溶解システムの試作を行った。

### 3.1.3 高濃度スラリー調製手法の検討

#### 1) 室内試験による原料スラリー調製手法の検討

食品廃棄物の破碎スラリー（以下原料スラリーと記す）調製工程において、原料有機物濃度を高めても攪拌分解工程での効率の低下がなく、次の固液分離・脱水工程を効率化できる前処理条件を見いだすことを目的とした。

原料スラリー調製手法の検討は、以下の検討手順と条件に従い、小型攪拌分解装置を用いた室内試験により実施した（図 3.1.3-1、表 3.1.3-1）。原料スラリーの pH、流動性、粘度、固形分の分離特性により評価した。

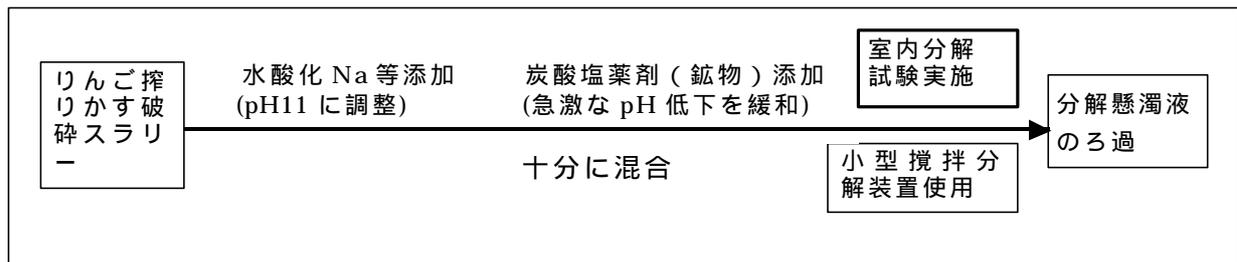


図 3.1.3-1 室内試験でのスラリー調製手法の検討手順

表 3.1.3-1 室内試験でのスラリー調製手法検討の条件

<u>試料・添加物条件</u>	
原料スラリー：130g りんご搾りかす + 水道水 260g	
<u>試験ケース</u>	
対照試験区	pH 無調整、好熱菌培養液をスラリーの 1/100 量添加
試験区	水酸化ナトリウム (NaOH) により pH11 に調整、菌液無添加
試験区	水酸化ナトリウム (pH11)、好熱菌培養液をスラリーの 1/100 量添加
試験区	水酸化ナトリウム (pH11)、炭酸カルシウム 0.1%
試験区	炭酸カリウム (KOH) 0.5% (pH10.4)
試験区	炭酸カリウム (KOH) 1.0% (pH10.6)
<u>分解装置・処理条件</u>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・分解槽は内容積 700ml 小型攪拌分解槽（有効容量 500ml）を使用した。</li> <li>・分解は 65 定温で 48 時間実施した。</li> <li>・通気速度は 2 vvm（通気量 1 分当たり分解槽内容積の 2 倍供給）に設定した。</li> <li>・攪拌装置は 1 段の攪拌翼を使用した。</li> <li>・攪拌速度は 200rpm に設定した。</li> </ul>	
<u>分解特性・ろ過特性判定方法</u>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・分解懸濁液に二水石膏粉末 2% を添加し、ろ過器具を用い減圧吸引によりろ過した。</li> <li>・回収固形残さを 110 で 24 時間乾燥して固形分重量を測定し、差し引きの固形残さ含水率および固形残さ分解率を測定した。</li> </ul>	

好熱菌培養液：中性液体培地で 55 にて一晚中等度好熱菌を培養した菌液を原料スラリーの 1/100 量添加した。

(1) 試料の pH 推移

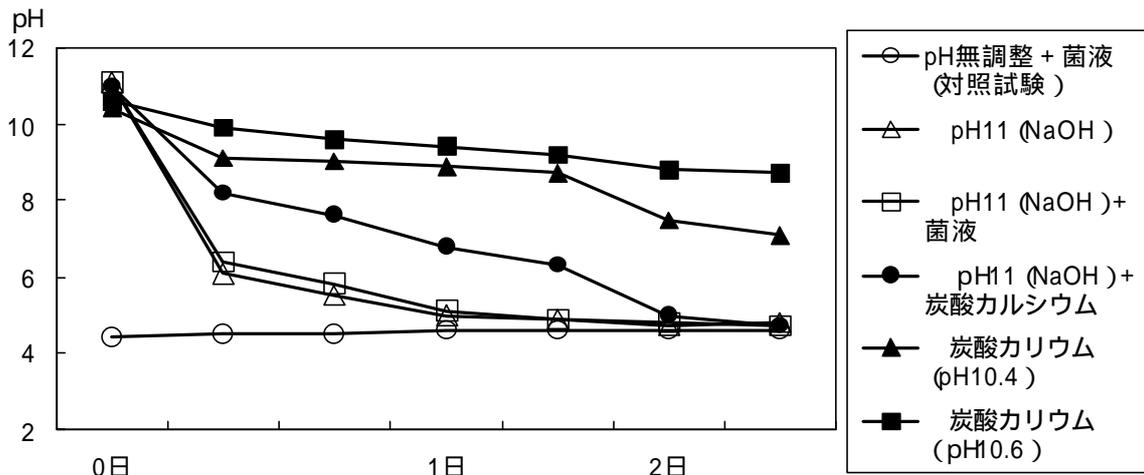


図 3.1.3-2 室内分解試験での pH の推移

・pHの低下状況から の添加条件で最も効果的に酸化分解が進んだと推測された。

(2) 分解懸濁液の流動性

表 3.1.3-2 室内試験での分解懸濁液の流動性

	1日目	2日目	3日目
対照試験：pH 無調整（菌液添加）	+	+	+
pH11（NaOH）（菌液無添加）	++	+	+
pH 11（NaOH）+ 菌液	++	+	+
pH 11 + 炭酸カルシウム 0.1%	++	++	++
炭酸カリウム 0.5%（pH10.4）	++	+++	+++
炭酸カリウム 1%（pH10.6）	++	++	++

+：粘性高く流動性低い、++：粘性やや高いが流動性高め、+++：流動性高い  
注)流動性判定：試料の一部をガラスビーカーにとりその動きから目視により判定した。

(3) 分解懸濁液の粘度

表 3.1.3-3 分解懸濁液の粘度測定結果

分解懸濁液試料	粘度 (cP)		
	測定温度 20	測定温度 40	測定温度 60
NaOH (pH11) + 炭酸カルシウム 実機拡張用分解機で調製	1,000	780	580
NaOH (pH11) + 炭酸カルシウム 小型攪拌分解槽で調製	430	480	550
炭酸カリウム 0.5% (pH10.4) 小型攪拌分解槽で調製	1200	870	720

実機拡張用分解機で調製：のちに示す大量分解試験で得られた試料で測定した。  
注)遠心による粘度測定操作で固形分が沈降して複数回近似値を示した値を測定値とした。

・炭酸カルシウムを添加した試料が炭酸カリウム添加より液体の粘度が低かった。

(4) 固形分の分解特性

表 3.1.3-4 固形分の分解特性

スラリー調製条件	原料湿重 (乾重)	残さ湿重 (乾重)	残さ含水率 (含水比)	ろ液目視 色度	固形分 減少率
対照試験 pH 無調整 (菌液添加)	130.0g (34.3g)	92.20g (10.12g)	89.0% (810%)	低め	70.5%
pH11 (NaOH) に	130.0g (34.3g)	88.07g (9.21g)	90.5% (860%)	低め	73.2%
pH11(NaOH) 菌液添加	130.0g (34.3g)	89.06g (9.97g)	88.9% (790%)	低め	71.0%
pH11(NaOH) 炭酸 カルシウム 0.1% 添加	130.0g (34.3g)	83.63g (5.98g)	92.8% (1300%)	低め	82.6%
炭酸カリウム 0.5% 添加 (pH10.4)	130.0g (34.3g)	84.05g (4.75g)	94.3% (1670%)	高い	86.2%
炭酸カリウム 1.0% 添加 (pH10.6)	130.0g (34.3g)	56.25g (3.42g)	93.1% (1540%)	高い	90.0%

- ・アルカリ薬剤を添加することにより固形分分解率が向上し、さらに pH の低下が緩やかなほうが分解率はより高いことが明らかとなった。

以上の試験結果より、高濃度原料スラリーの調製条件の検討結果について整理する。

- ・アルカリ薬剤添加で高 pH が長時間保たれる条件 ( ) で徐々に酸化分解が進み、固形分分解率が高まること、および分解懸濁液の流動性が高まることが確認された (図 3.1.3-2、表 3.1.3-2)。
- ・炭酸カリウム添加 ( ) では固形分の分解率が高いものの、粘性の高分子成分が多く抽出され分解液の粘度が増し、残存微粒固形分との分離性に多少劣ることが予想された (表 3.1.3-2、表 3.1.3-3、表 3.1.3-4)。固液分離特性の低さは、分離固形残さの含水率が高いことから確認された。さらに、回収ろ液の着色が著しいことから、炭酸カリウムの添加は前処理条件として不適と判断された (表 3.1.3-4)。
- ・「pH11 (NaOH) + 炭酸カルシウム 0.1%」添加条件 ( ) では、分解懸濁液の流動性が高めで粘度が低めであった。従って、この添加条件では無添加の場合より分解懸濁液の固液分離特性が良好となることが予想された (表 3.1.3-2、表 3.1.3-3)。
- ・以上より「pH11 (NaOH) + 炭酸カルシウム 0.1%」をスラリー調製条件とした。

2) 実機拡張用モデルでの原料スラリー調製

実機拡張用モデル (有効容量 1,000 リットルの高速攪拌好気分解装置) を使用して実施した原料スラリー調製手法の検討手順および条件を図 3.1.3-3、表 3.1.3-5 に示す。

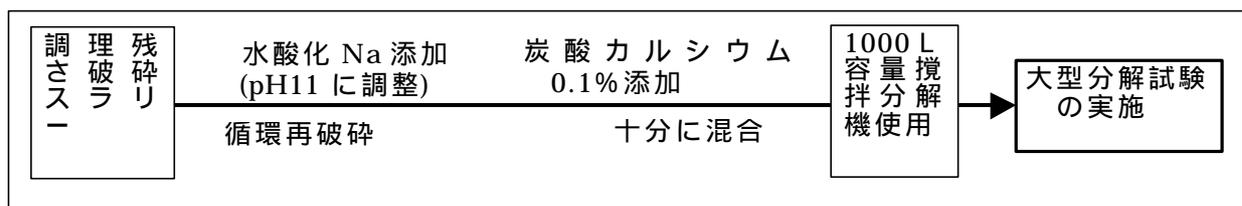


図 3.1.3-3 実機拡張用モデルでのスラリー調製手法の検討手順

表 3.1.3-5 実機拡張用モデルでの原料スラリー調整条件と分解条件

<u>試料・添加物条件</u>	
原料スラリー	: 420kg りんご搾りかす + 500 L 水道水
原料スラリー	: 500kg 調理残さ + 450 L 水道水 (野菜屑 35%、米飯屑 35%、惣菜類(肉類多め) 25%、魚屑 5%)
添加	: 水酸化ナトリウム添加により pH11 に調整、炭酸カルシウム 0.1% 添加
注) 炭酸カルシウム粉体の加水破碎スラリーへの添加は、定量供給装置を用いて行った。	
<u>分解装置・処理条件</u>	
・分解槽容量	: 内容積 1200 L (有効容量 1000 L)
・分解は 72 時間実施した。	槽内の加温は一切行わなかった。
・通気速度は約 2 vvm (1 分当たり通気量が分解槽内容積の 2 倍程度) に設定した。	
・攪拌は 1 段の攪拌翼を使用し、攪拌速度は 540rpm (定速) とした。	

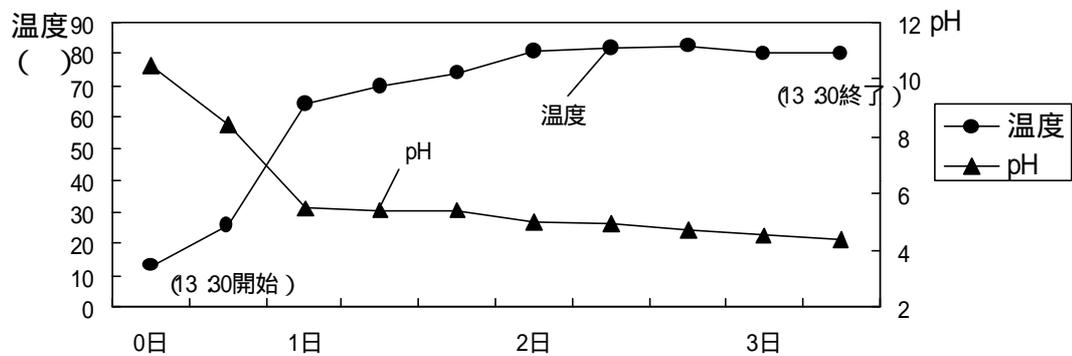


図 3.1.3-4 りんご搾りかすの高温好気分解過程

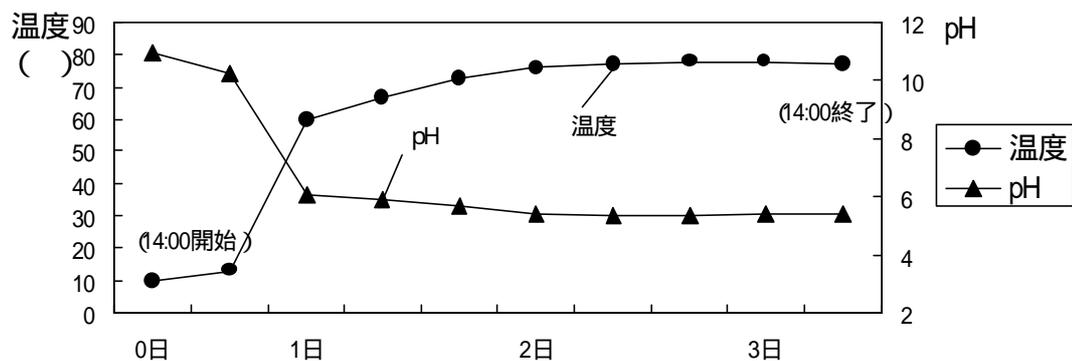


図 3.1.3-5 調理残さの高温好気分解過程

実機拡張用モデルでの分解試験結果を図 3.1.3-4、図 3.1.3-5 に示す。試験結果から整理されることは以下のとおりである。

- ・両試料を用いた場合とも 1,000L 有効容量の高速攪拌好気分解機を用いて、原料スラリーの液状化・分解が速やかになされ、悪臭の発生はほとんど認められなかった。
- ・原料スラリーへのアルカリと炭酸カルシウムの添加で、急激な酸性化が避けられ、高分子の分解と低分子有機物の酸化分解がバランス良くなされたと考えられた。

### 3.1.4 分解懸濁液の固液分離効率化

#### 1) 固液分離機の予備選定

高濃度の有機微粒固形分を含む分解懸濁液の固液分離処理の効率化検討を実施するに当たり、固液分離方式・装置を選定するための事前検討を行った。

高濃度の有機懸濁液の固液分離および脱水の手法には、図 3.1.4-1 に示すようなさまざまな方式と装置がある。図中に示すように、遠心分離方式と連続ろ過方式では、大量の高分子凝集剤添加による試料の凝集沈降処理が不可欠なことなどから適用困難と判断し、バッチ式加圧ろ過機を選定した。

バッチ式加圧ろ過方式には、多重管型ろ過機と多段型ろ過機があり、いずれの装置形式を用いた場合も、分離固形残さ（脱水ケーキ）の排出が速やかになされれば、「試料充填 - 加圧ろ過 - 脱水ケーキ排出」サイクルの全自動化が可能である。

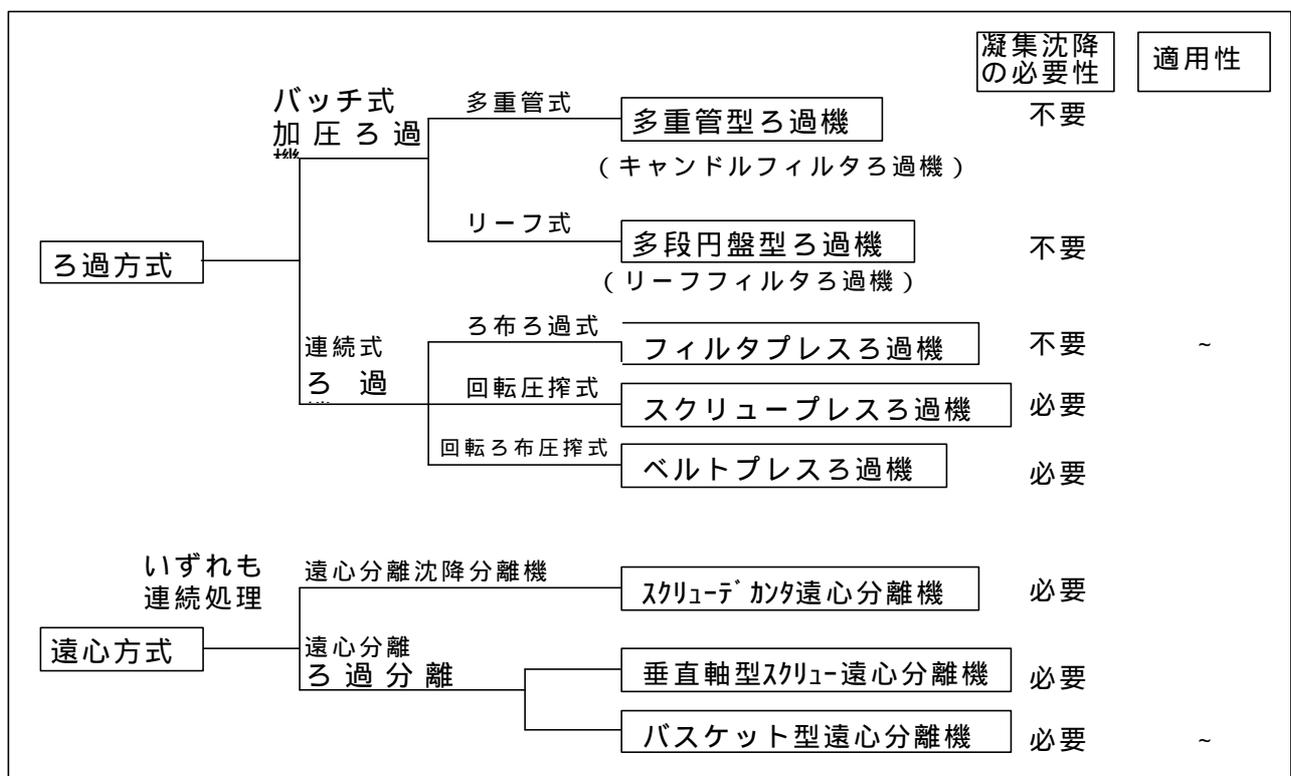


図 3.1.4-1 高濃度分解懸濁液の固液分離脱水に適した方式と装置の分類

#### 2) 小型加圧ろ過試験機

##### (1) 小型加圧ろ過試験の目的と方法

ろ過助剤の種類と添加量およびろ過素材種類条件の絞り込みおよび加圧ろ過機タイプの選定を目的に、小型加圧ろ過試験機(写真 3.1.4-1)を用いて比較試験を行った。

以下に試験方法について記す。小型加圧ろ過試験の条件と検討手順を表 3.1.4-1 に示す。



写真 3.1.4-1 小型加圧ろ過試験機

表 3.1.4-1 小型加圧ろ過試験の条件

試験の条件

- ・ろ過助剤種類：二水石膏（リサイクル粉末製品）、珪藻土（各種粒径製品）
- ・ろ過助剤添加量：0.2～4%
- ・ろ過素材：目の粗さ、材質（合成繊維、金網）
- ・分解懸濁液試料の温度：60、20
- ・加圧：定圧 0.2MPa
- ・分解懸濁液試料：りんご搾りかす  
りんご搾りかす分解懸濁液は固液分離・脱水ケーキの剥離とともに難度が高いが、ろ過機タイプの選定には、脱水ケーキ剥離特性の把握が重要なポイントとなるため小型加圧ろ過試験の試料には、りんご搾りかすを用いた。

検討の手順

- ろ過素材（主にろ布）等の基本的条件とろ過速度の定量的把握
- ろ過助剤添加条件（助剤種類・添加量）
- ろ過原料（分解懸濁液）の温度

ろ過素材検討、ろ過助剤添加条件、原料温度、それぞれの検討試験における詳細な条件は試験結果とともに整理して示す。

また、小型加圧ろ過試験におけるろ過特性評価は、最も重要な指標であるろ過速度に加え、ろ過試験で得られた脱水ケーキの剥離特性を把握し、多段円盤型と多重管型の2種類の加圧ろ過機から、今回試料のろ過に適した装置を選定した。

多段型ろ過機では、脱水ケーキの含水率が高いと、円盤状のろ過モジュールから遠心により分離されたケーキがろ過室本体の内壁に付着し、ケーキ排出が困難となる。

## (2) 検討結果

試験結果を以下に示す。ろ過開始後一定時間後のろ過速度の比較等により評価した。

### (a) ろ過素材の選定

試験の詳細な条件を表 3.1.4-2 に、試験結果を図 3.1.4-2 に、また、試験で得られた剥離固形残さの状態を写真 3.1.4-2 に示す。

表 3.1.4-2 ろ過素材選定試験の条件等

・ 試料温度：常温（約 20 ）
・ ろ過助剤添加：なし
・ ろ過素材：金網、PP（ポリプロピレン）
PP30MU = 目開き約 30 ミクロンの PP 製ろ布
PP5 MU = 目開き約 5 ミクロンの PP 製ろ布

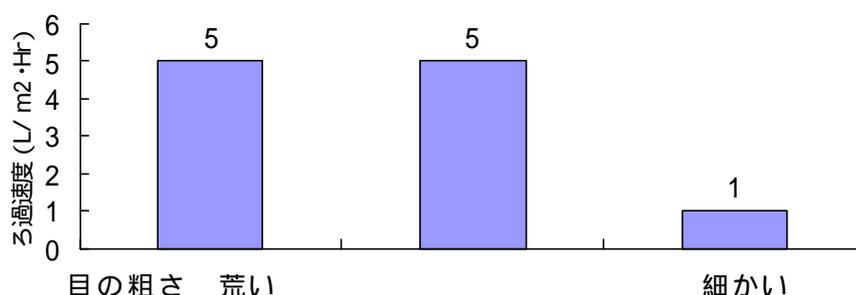


図 3.1.4-2 ろ過素材とろ過速度



写真 3.1.4-2 剥離固形残さ

試験結果よりわかることは以下のとおりである。

- ・ PP30MU ろ布使用で金属メッシュと同等のろ過速度が得られた。
- ・ 脱水ケーキの含水率が高く剥離性が余り良好ではなく、ケーキ自動排出を前提とすると不利となる多段型ろ過装置の使用は困難と考えられた（写真 3.1.4-2）。

### (b) ろ過助剤種類と添加量

試験の詳細な条件を表 3.1.4-3 に、試験結果を図 3.1.4-3 に、また、試験で得られたろ液の着色状態を写真 3.1.4-3 に示す。

表 3.1.4-3 ろ過助剤添加条件検討試験の条件

・ 試料温度：常温（約 20 ）
・ ろ過素材：PP30MU

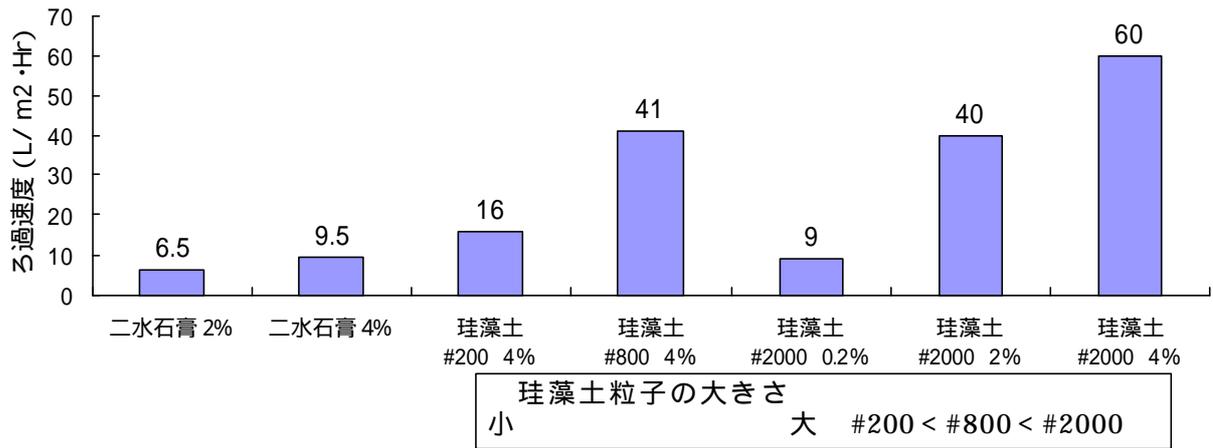


図 3.1.4-3 ろ過助剤添加条件とろ過速度



写真 3.1.4-3 ろ液着色性

試験の結果から明らかとなったことを整理して記す。

- ・粒子が粗めの # 2,000 の珪藻土をろ過助剤に用いた場合に最も高いろ過速度が得られた。添加量は工業利用では高濃度の 4 % が最適と考えられた。
- ・一定量以上の珪藻土を試料に添加することで、助剤無添加と比べて、ろ液の着色は低減されることが確認された (写真 3.1.4-3)。

(c) 試料温度とろ過速度

試験の詳細な条件を表 3.1.4-4 に、試験結果を図 3.1.4-4 に示す。

表 3.1.4-4 試料温度によるろ過速度確認試験の条件

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ろ過素材：PP30MU</li> <li>・ろ過助剤添加：珪藻土 #2000 4%</li> </ul>
--

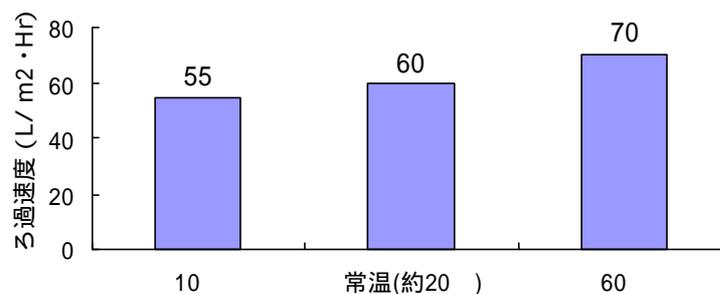


図 3.1.4-4 試料温度とろ過速度

試験結果より明らかとなったことを以下に記す。

- ・ 試料温度については、温度が高めであるほどろ過速度は高めであった。高温で分解処理後の懸濁液をなるべく高温に保ちろ過するのが有利なことが示された。
- 以上、(a)～(c)の試験結果から、加圧ろ過試験では以下の条件で実施することとした。
- 加圧ろ過機には多重管型ろ過機を採用する。
  - 珪藻土（# 2,000）を試料重量に対し 4 % 重量添加する。
  - ろ過素材には、ポリプロピレン製の PP30MU ろ布を使用する。
  - 試料温度はなるべく高め（60 以上）で試験に供する。

### 3) 多重管型ろ過試験機でのろ過特性把握

#### (1) 試験の目的と方法

小型加圧ろ過試験機での検討結果を踏まえ、スケールアップ検討用多重管型試験機（以下多重管型ろ過試験機）を用いて、加圧条件等を変化させて、ろ過速度および脱水ケーキ排出特性を比較し、ろ過効率化の可能な条件について検討した。多重管型ろ過試験機を写真 3.1.4-4 に、構造の概要図を図 3.1.4-5 に示す。

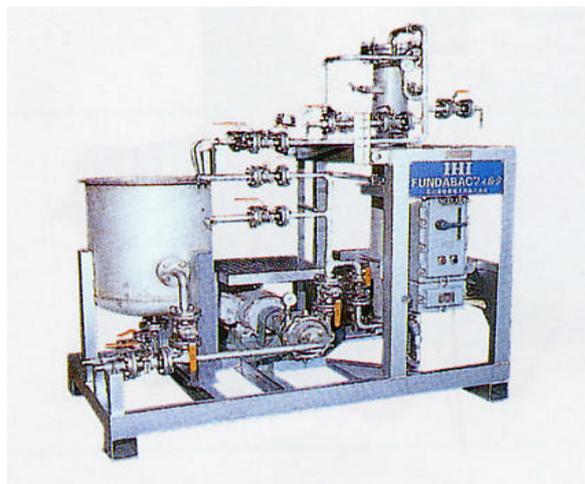


写真 3.1.4-4 多重管型ろ過試験機

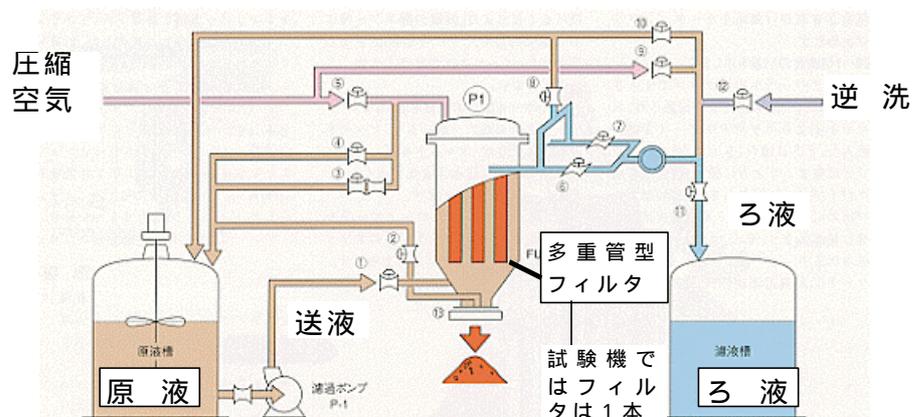


図 3.1.4-5 多重管型ろ過試験機概略図

多重管型加圧ろ過機の操作手順を以下に簡略に示す。

- 充液：ろ過ポンプでフィルタ内に原液供給する。
- 循環：ろ液が清澄になるまでろ液を原液槽に戻す。
- ろ過：ろ液をろ液槽に回収する。
- 抜液：ろ過終了後、圧縮空気を用いて内部の液を原液槽に戻す。
- エアブロー：圧縮空気です布上のケーキを脱水・乾燥する。
- ドレン抜き：フィルタ内にたまったドレンをエアーで抜き出す。
- 排圧：フィルタ内の圧縮空気を抜き大気圧とする。
- ケーキ排出：フィルタ下部の排出弁から圧縮空気を用いケーキを排出する。

多重管型ろ過試験機での試験条件を表 3.1.4-5 に記す。また、リング搾りかすと調理残さそれぞれの分解懸濁液試料の試験条件等は整理して結果とともに示す。

表 3.1.4-5 多重管型ろ過試験機での試験条件

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ろ過素材：PP30MU</li> <li>・ろ過助剤：珪藻土 #2000 4%、石膏（再生品、粉末）4～8%</li> <li>・加圧条件：定圧 0.2MPa、定圧 0.25MPa、定圧 0.3MPa</li> <li>・分解懸濁液試料：りんご搾りかす分解懸濁液および調理残さ分解懸濁液</li> <li>・試料温度：60～70</li> </ul>
---

(2) りんご搾りかす分解懸濁液の加圧ろ過試験結果

試験の条件と試験ケースを表 3.1.4-6 に、試験結果をまとめて図 3.1.4-6 に示す。

表 3.1.4-6 ろ過速度の比較（りんご搾りかす分解懸濁液）

試料温度：60 ろ過助剤：珪藻土 #2000 4% ろ過圧力：定圧 0.1MPa 試験ケース：ケース 1～ケース 3 「ケース 1」 珪藻土#2000 4% 添加 「ケース 2」 試料を水で 2 倍に希釈、珪藻土#2000 4% 添加 「ケース 3」 試料を水で 2 倍に希釈、珪藻土#2000 4% および ポリ塩化アルミニウム（PAC）2000ppm 添加
---

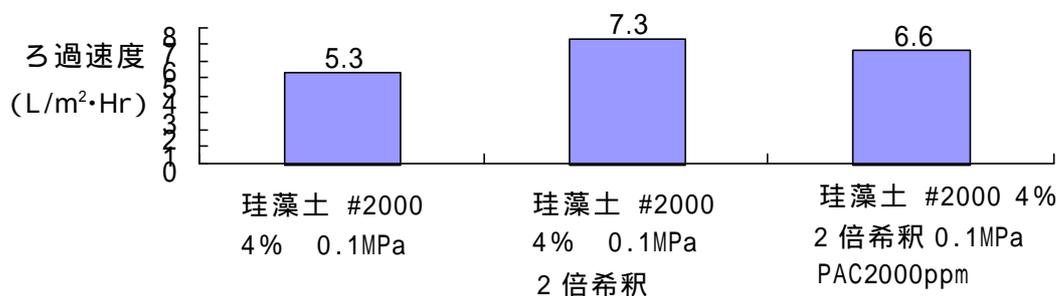


図 3.1.4-6 ろ過速度の比較（りんご搾りかす分解懸濁液）

注) 実際のろ過圧力 0.1MPa を、多重管加圧ろ過機の標準的ろ過圧力の 0.2MPa に補正して表示した。

(3) 調理残さ分解懸濁液の加圧ろ過試験結果

試験の条件と試験ケースを表 3.1.4-7 に、試験結果をまとめて図 3.1.4-7 に示す。

表 3.1.4-7 調理残さ分解懸濁液ろ過試験の条件

試料温度：70	
ろ過助剤：珪藻土 #2000 4%、再生 2 水石膏粉末 8%	
加圧条件：定圧 0.2MPa、定圧 0.25MPa、定圧 0.3MPa	
試験ケース：	
「ケース 1」	珪藻土#2000 4%添加 0.2MPa
「ケース 2」	珪藻土#2000 4%添加 0.25MP
「ケース 3」	珪藻土#2000 4%添加 0.3MPa
	ポリ塩化アルミニウム (PAC) 2000ppm 添加
「ケース 4」	二水石膏 8%添加 0.3MPa

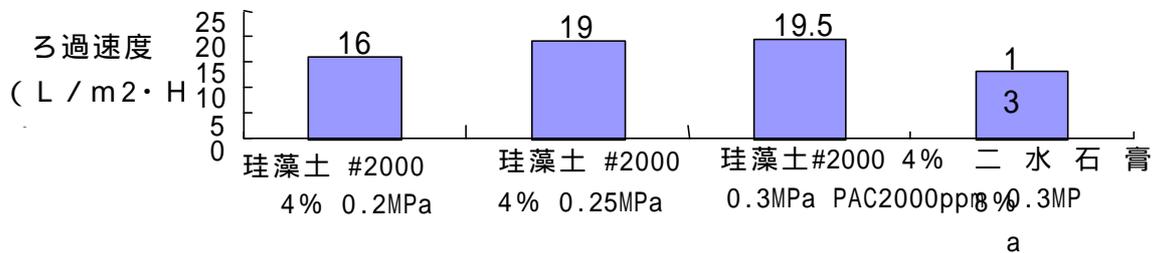


図 3.1.4-7 ろ過速度の比較 (調理残さ分解懸濁液)

(4) 加圧ろ過試験結果のまとめと必要ろ過面積の試算

りんご搾りかす、調理残さそれぞれの分解懸濁液のろ過試験結果から、以下のことが明らかとなった。

- ・加圧条件の中では、ろ室内圧力 0.2～0.3MPa 定圧が適すると考えられた。
- ・りんご搾りかす分解懸濁液ではろ過速度 7 L/m<sup>2</sup>・時間程度が最高であった。ただし、りんごの分解懸濁液では標準的な圧力 0.2MPa を得られなかったため、0.2MPa でのろ過速度に換算して評価した。
- ・調理残さ分解懸濁液ではろ布 1 m<sup>2</sup> 当たり約 20 L/時間のろ過速度が得られた。

次に、連続バッチ処理でのろ過面積について試算を行った。

多重管型加圧ろ過実機での運転を全自動化できたと仮定し、装置 1 日当たり稼働時間を 6 時間、12 時間、24 時間として、それぞれ必要ろ過面積を試算した。

(a) 連続バッチ運転計画

連続バッチ運転の工程スケジュールを表 3.1.4-8 のように計画した。工程スケジュールは、りんご搾りかす分解懸濁液と調理残さ分解懸濁液で、ろ過時間を除いた他の作業時間は同一とした。

表 3.1.4-8 連続バッチ運転スケジュール

充液	0.1	Hr
ろ過		Hr
抜液	0.15	Hr
エアブロー	1.0	Hr
ドレン抜き・排圧	0.05	Hr
脱水ケーキ排出	0.1	Hr
逆洗	0.1	Hr
計	+ 1.5 Hr	

・ろ過時間 とろ過以外の作業時間 1.5 時間を合わせた時間を 1 サイクルとした。

(b) 必要ろ過面積の算定結果

りんご搾りかす分解懸濁液と調理残さ分解懸濁液を多重管型加圧ろ過機で処理する場合の必要ろ過面積の試算結果を、それぞれ表 3.1.4-9 と表 3.1.4-10 に示す。

試算結果より明らかとなったことを、以下に整理して記す。

- ・ろ過と脱水ケーキ排出を全自動化可能と仮定し、連続バッチ運転計画に基づき必要ろ過面積を試算した。りんご分解懸濁液では、24 時間に 8 回ろ過サイクルを繰り返す場合、1,000L の固液分離をろ布面積 6 m<sup>2</sup> で処理可能と試算された (表 3.1.4-9)。
- ・同様に、調理残さ分解懸濁液では、1 日 24 時間に 6 回ろ過処理を行う場合、原液 1,000 L の処理にろ布面積 5 m<sup>2</sup> で処理可能と試算された (表 3.1.4-10)。

表 3.1.4-9 りんご搾りかす分解懸濁液の必要ろ過面積試算結果

日稼働時間	装置型式	必要ろ過面積
6Hr	RZ23-36-25	23m <sup>2</sup>
12Hr	RZ11.5-27-16	11.5m <sup>2</sup>
24Hr	RZ6-14-16	6m <sup>2</sup>

装置形式の-36、-27、-14 はろ過モジュールの本数を、-25、-16 はろ過モジュールの長さ (約 2500mm、1650mm) を表している。

表 3.1.4-10 調理残さ分解懸濁液の必要ろ過面積試算結果

日稼働時間	装置型式	必要ろ過面積
6Hr	RZ20-47-16	20m <sup>2</sup>
12Hr	RZ9-27-12	9m <sup>2</sup>
24Hr	RZ4.5-14-12	4.5m <sup>2</sup>

装置形式の-47、-27、-14 はろ過モジュールの本数を、-16、-12 はろ過モジュールの長さ (約 1650mm、1250mm) を表している。

4) 加圧ろ過制御によるろ過効率化検討

(1) 試験の目的と方法

多重管型ろ過試験機を用いて、ろ室内圧力計測値を送液速度制御に反映して、ろ過圧力を制御可能な装置を試作して行い、ろ過効率化達成可能な加圧条件を求めることを目的に加圧制御試験を実施した(図 3.1.4-8)。

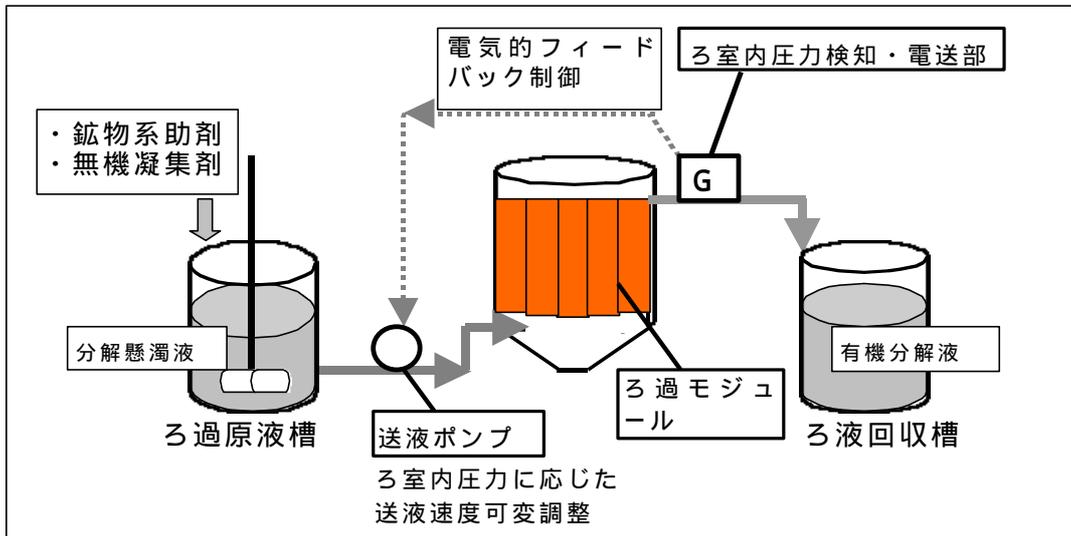


図 3.1.4-8 高濃度分解懸濁液ろ過効率化のための加圧制御手法

キャンドル型フィルタろ過塔を本体とする多重管型ろ過試験機を用いて、定圧ろ過に至るまでの時間を機械的に制御した。ろ室内圧力の測定値を電氣的にフィードバックして送液速度を調整し、ろ過速度の上昇と固形分離性向上が達成可能かを検討した。試作機による制御試験のフローを図 3.1.4-9 に、検討条件と測定項目を図 3.1.4-10 に示す。

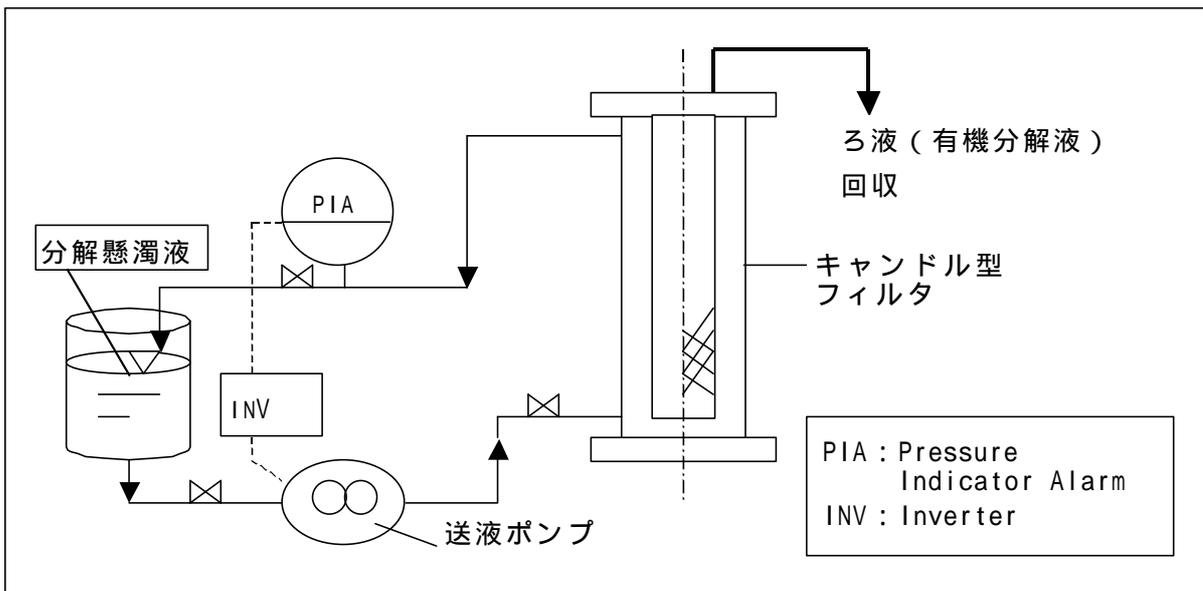


図 3.1.4-9 多重管型ろ過機を用いた加圧制御フロー図

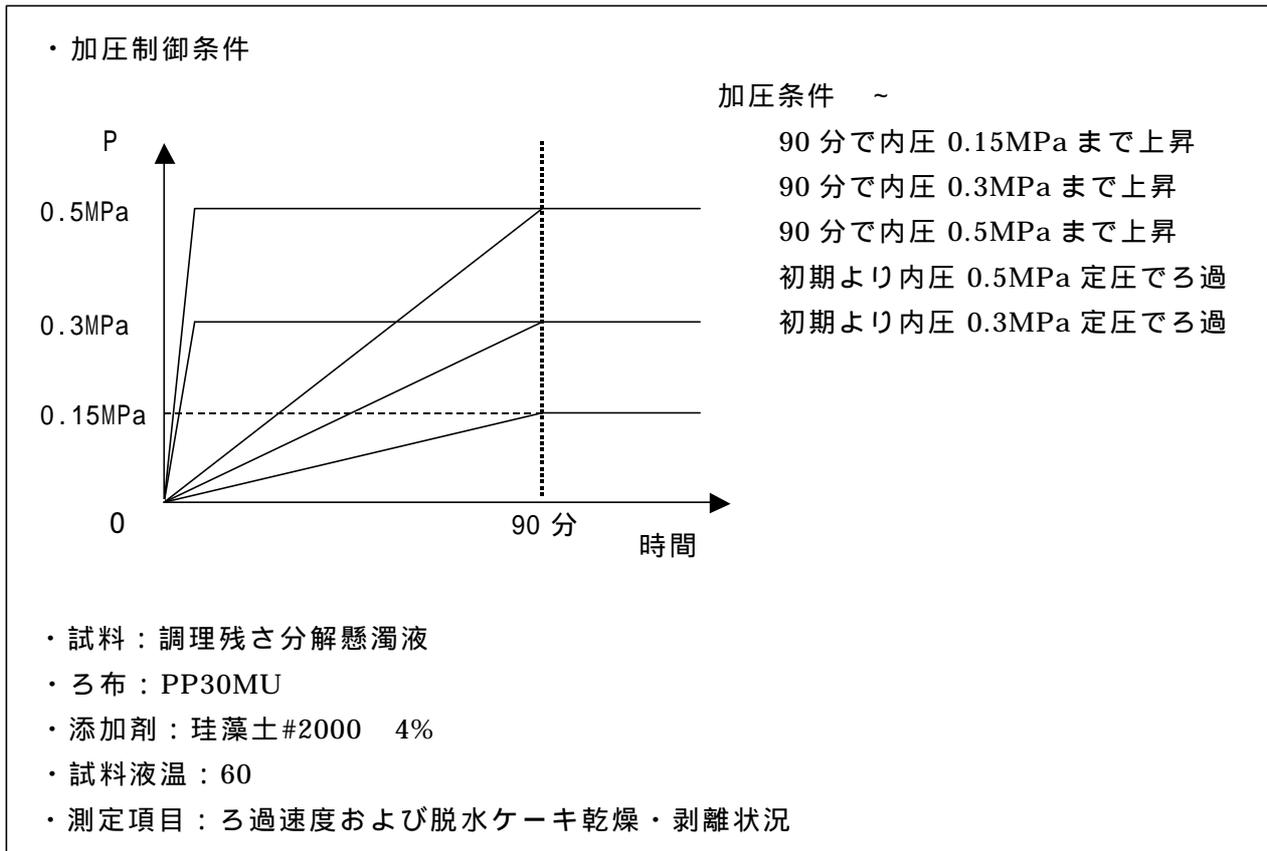


図 3.1.4-10 ろ過効率化の検討条件と測定項目

## (2) 試験結果

加圧制御試験の結果から、以下のことが明らかとなった（図 3.1.4-11 参照）。

### 加圧制御の可能性

- ・種々の加圧ケース設定で、時間経過に伴い直線的に加圧・定圧の機械制御が設計通りなされ、設計圧力に対して遅滞なく加圧制御機構が機能することを確認した。

### 分離固形分（分離ケーキ）剥離性と実機での自動排出

- ・分離ケーキの剥離性は良好で、実機でのエアブローによる乾燥剥離工程により、ろ過モジュールからのケーキ剥離は比較的容易と考察された。
- ・ただし多重管型実機では、ケーキ排出の際に湿ったひも状のケーキ同士が付着して、ろ過槽下部で詰まることが危惧される。ケーキ排出自動化には、ろ布表面を部分的に目止め処理（長さが 120cm 以上に及ぶろ過モジュールの長手方向数十 cm ごとに数 cm 幅の帯状に目止め）するのが有効と考えられた。

### ろ過速度への影響

- ・ろ過初期より一定の圧力を加えたるろ過条件では、一定時間の初期循環無しでは回収ろ液に濁り分が混入した。
- ・定圧ろ過では、圧力が高いほど初期ろ過速度は高かったが、ろ過時間が長くなるとろ過速度が徐々に低下する傾向が見られた。
- ・一定時間をかけて目標圧力まで徐々に加圧してろ過を行った場合も、最終設定

圧力が高いほどろ過速度が高い傾向が見られたが、ろ過時間 1 時間以降の急激なるろ過速度の低下は見られなかった。

- ・日稼働時間を 24 時間として、自動で連続ろ過処理を行う場合、今回の原料のように非常に粘稠な懸濁液は、徐々に室内圧力を上昇させる加圧制御方式が、ろ過速度を一定以上に保つことで総ろ液量を増やすことが可能で、脱水ケーキ排出も容易となることから、ろ過処理効率化に効果があると考えられた。

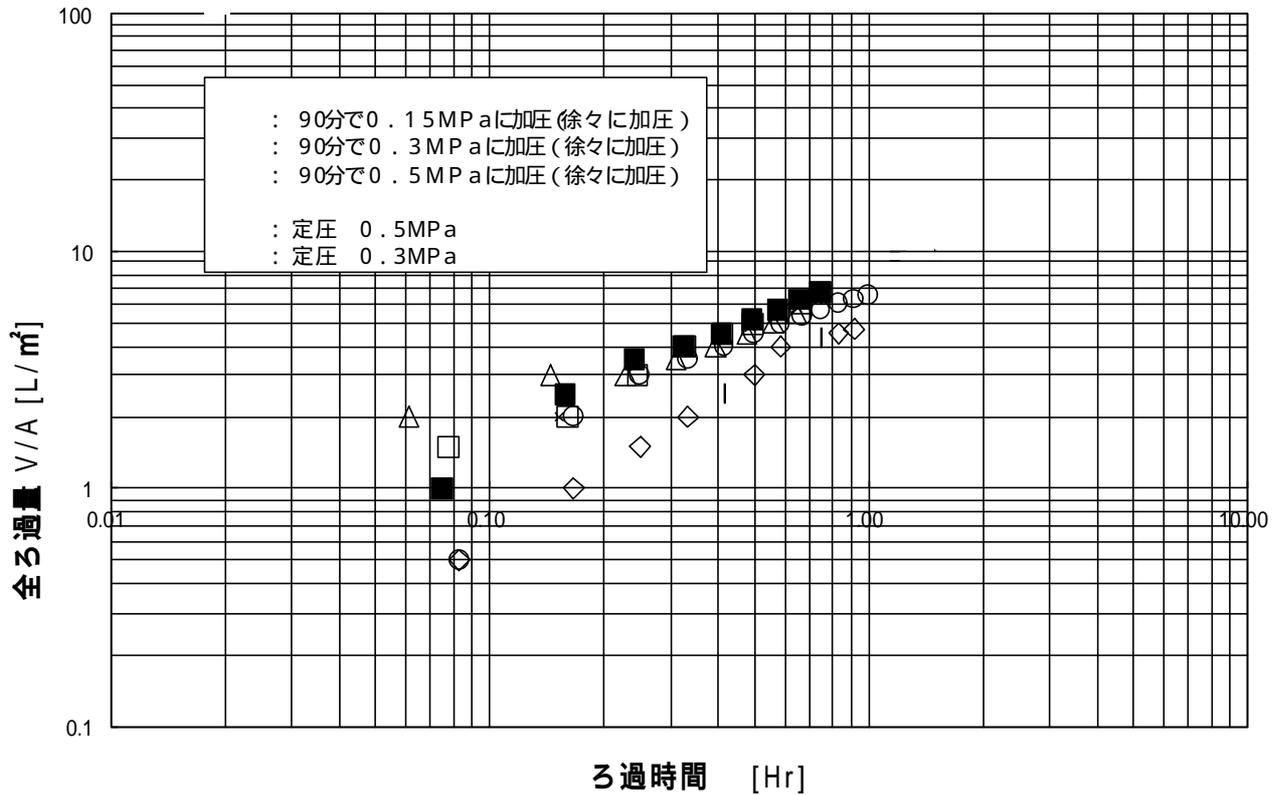


図 3.1.4-11 ろ過制御試験結果 (各加圧条件でのろ過曲線)

### 3.1.5 有機酸アルカリ金属塩溶解工程の効率化

ペレット状で比較的溶けにくい有機酸アルカリ金属塩を、有機分解液に効率よく溶かし込むプロセスを新規に設計して、溶解槽の底部での吸湿性粒剤の固着を防ぎ、短時間で効率的に有機融雪剤調製を可能とする溶解装置の試作を行った。

#### 1) 上向流型溶解機的设计

溶解槽内に偏流を生じず、添加薬剤が溶解槽底部に固着しないよう、溶解槽内に一定の上向流を形成可能な上向流型溶解機（複管式循環対流攪拌機）を設計、試作した（図 3.1.5-1、図 3.1.5-2、写真 3.1.5-1）。

- ・溶解槽は内容積約 40L で有効溶解液量 35L とし、溶解槽材質には耐腐食性のステンレス（sus316）鋼材を用いた。
- ・攪拌機は、攪拌速度 30～600rpm の範囲で自由に設定可能で、回転方向の切り替え機構を有する仕様のものを用いた。

有機酸アルカリ金属塩の粒剤は粉碎機を用いて微粉末化し、溶解に供した。写真 3.1.5-2 に添加薬剤を処理に使用したミル型粉碎機を示す。

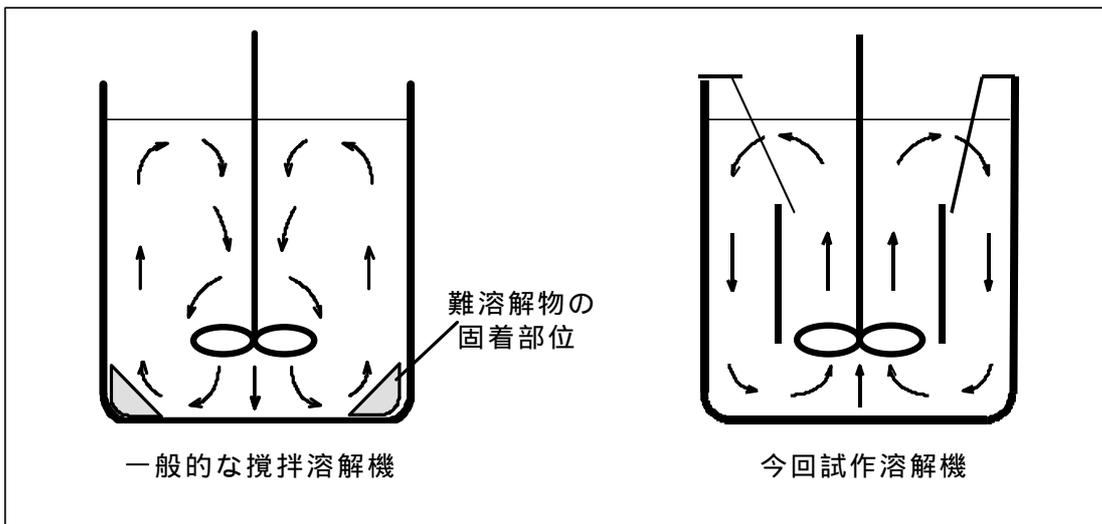


図 3.1.5-1 上向流型溶解機の溶解槽概略構造



写真 3.1.5-1 試作溶解機



写真 3.1.5-2 ミル型粉碎機

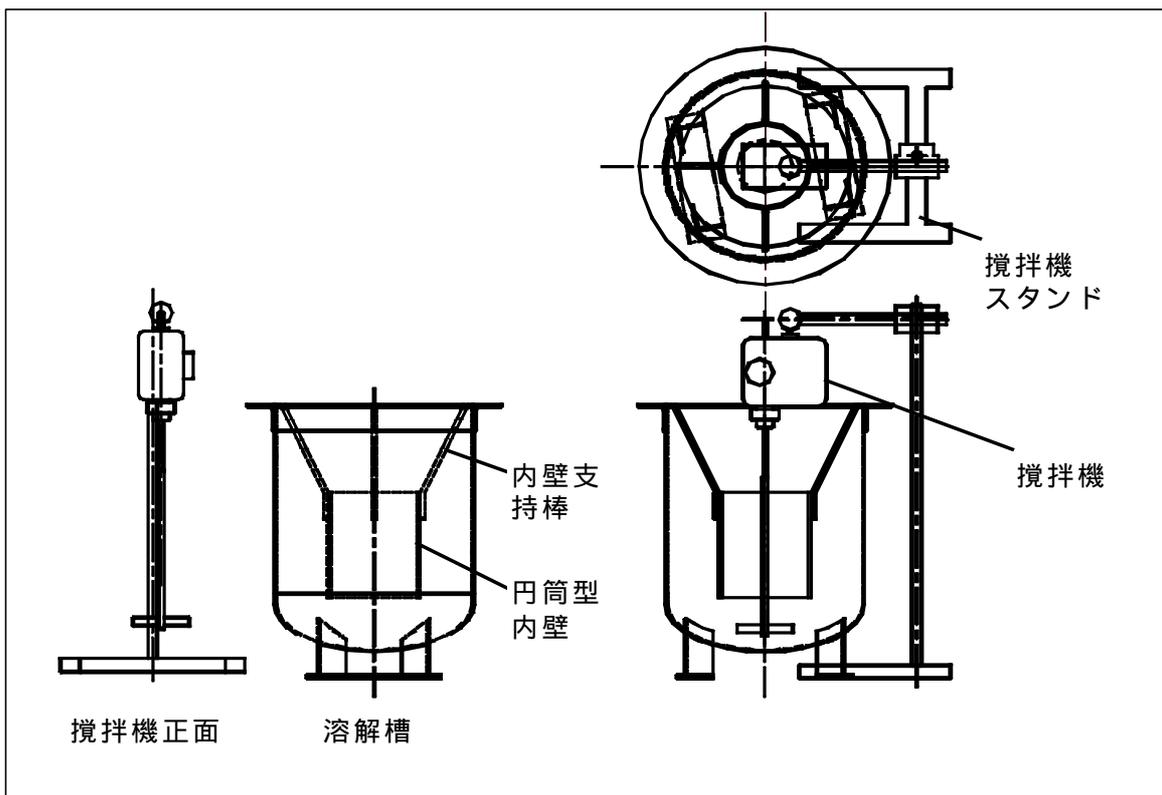


図 3.1.5-2 試作上向流型溶解機の詳細

2) 上向流型溶解機のアルカリ金属塩溶解性能の確認

試作溶解機（図 3.1.5-3）と従来型溶解機（試作機を活用、図 3.1.5-4）で、有機分解液に対する有機酸アルカリ金属塩の溶解速度の比較を行った。

アルカリ金属塩溶解速度試験の方法と手順を表 3.1.5-1 に示す。

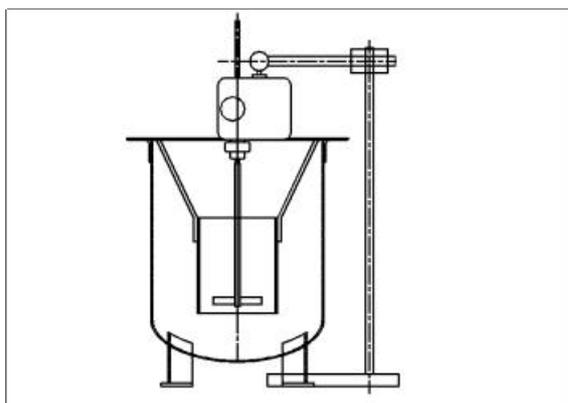


図 3.1.5-3 試作溶解機本体

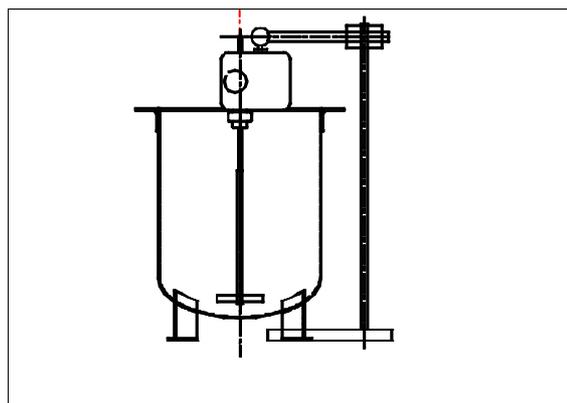


図 3.1.5-4 従来型溶解機

表 3.1.5-1 アルカリ金属塩溶解試験の方法と手順

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 有機酸アルカリ金属塩の溶解濃度 酢酸ナトリウムに限定し、有機分解液に対して重量/体積%で、20%および 25% 添加した場合に、完全に溶解されるまでの時間を測定した。</li> <li>・ 有機酸アルカリ金属塩の添加・溶解手順 30 L の有機融雪液剤を調製する場合の手順を記す。 25 L 弱の有機分解液を溶解槽に満たして攪拌 30 L に対して 20% ( 6 kg )、25% ( 7.5kg ) の粒剤または粉体を徐々に添加 添加薬剤が完全に溶解したのち、少量の有機分解液を加えて 30 L に調整</li> <li>・ 従来型溶解機は、試作溶解槽から円筒型内壁を脱着し、攪拌機を下降流攪拌方向で運転した。</li> <li>・ 攪拌速度は、試作機、従来方式とも、試作機で上向流が最も形成された 250rpm に固定した。</li> <li>・ 有機分解液母材の温度約 15℃ で試験実施した。</li> <li>・ 添加物が完全に溶解し終えるまでの時間を目視により確認した。</li> </ul>
--

APS (りんご搾りかす分解液) または FDW (調理残さ分解液) に、20% と 25% の濃度の酢酸ナトリウムを溶解した場合の、上向流型試作溶解機と従来型溶解機での完全溶解に要した時間を表に示す。

表 3.1.5-2 比較溶解試験結果

有機分解液種類 /添加薬剤	薬剤添加量 (質量/体積%)	溶解までの所要時間	
		従来型溶解機	試作溶解機
APS + 酢酸ナトリウム	20%	45 分	15 分弱
	25%	65 分	20 分強
FDW + 酢酸ナトリウム	20%	55 分	20 分弱
	25%	80 分	25 分強

APS : りんご搾りかす分解液 (Apple Sludge decomposed solution)

FDW : 調理残さ分解液 (Food Derived Waste decomposed solution)

試験結果からわかることを整理して以下に記す。

- ・ 従来型溶解方式では、添加物溶解量が 20% 以上の高濃度に至ると、短時間ではあるが溶解槽底部に固着性の沈殿物の形成が少量みられた。
- ・ 試作の上向流型溶解機を用いて、従来型の攪拌溶解機と比較して、溶解に要する時間を 1/3 程度に短縮でき、添加物の底部固着も防止できた。従って、有機酸アルカリ金属塩を工業レベルでも効率的に溶解できる可能性が高いことが確かめられた。

3.1.6 有機融雪剤製造プラントフロー

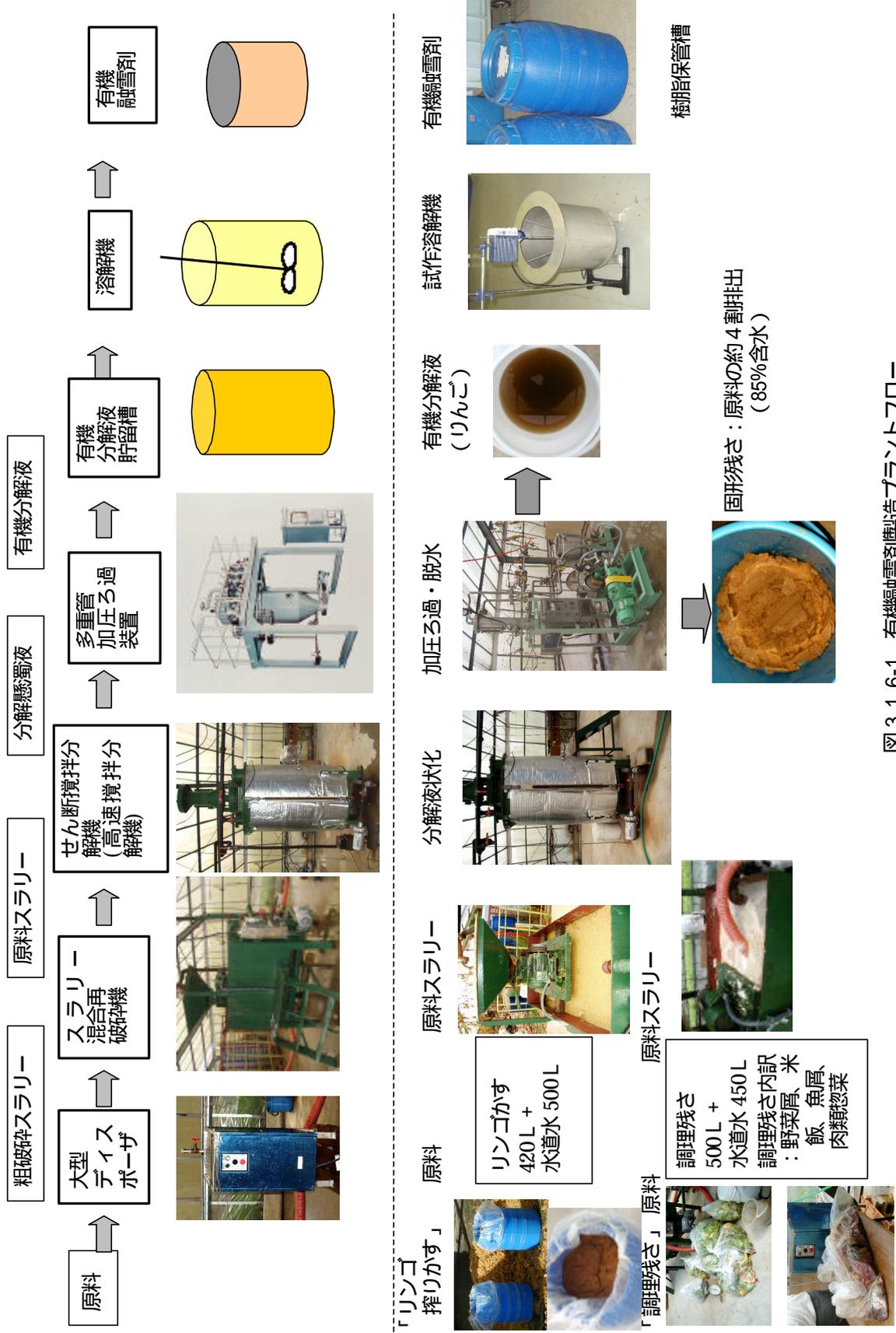


図 3.1.6-1 有機融雪剤製造プラントフロー

### 3.2 有機融雪剤の試作と性能・特性評価

有機廃棄物の分解処理で得られた有機分解液の成分・性状に関する分析を行い、有機融雪剤の母材に適した試料を加圧ろ過試験で得られた数種の有機分解液から選定した。

また、一部の試作融雪剤を用いて、水域への環境影響を推定するための模擬試験、および室内や路上での試作融雪剤の融氷・融雪効果確認と市販の有機融雪剤との比較を行った。

#### 3.2.1 有機分解液の性状・成分把握と環境影響推定

##### 1) 有機・無機成分ほかの分析

融雪剤の母材として用いる有機分解液の成分および化学・生化学的性状を把握する目的で水質分析を行った。成分分析、化学・生化学的性状分析の結果を表 3.2.1-1 に示す。

表 3.2.1-1 有機分解液の有機・無機成分ほかの分析結果

試料名称		APS 無希釈	APS 2倍希釈 PAC添加	FDW 0.2MPa	FDW 0.25MPa	FDW 0.3MPa PAC添加
試験項目	単位					
色度	度	2000	1600	3000	5000	4000
吸光度 (650nm)		0.907	1.001	1.118	0.796	1.345
吸光度 (720nm)		0.798	0.804	1.020	0.691	1.190
全窒素	mg/L	6.3	6.8	45	49	51
全リン	mg/L	48	9.4	90	97	35
蒸発残留物	mg/L	38000				83000
有機体炭素	mg/L	31000				32000
ナトリウム	mg/L	2800				3800
カリウム	mg/L	190				250
カルシウム	mg/L	140				410
マグネシウム	mg/L	9.0				42
塩化物イオン	mg/L	110			2000	2600
硫酸イオン	mg/L	58				170
BOD	mg/L	41000				61000
COD <sub>Mn</sub>	mg/L	13000				42000
pH	PH	5.2				5.4
粘度	CP	1				1

APS：りんご搾りかす分解液 (Apple Sludge decomposed solution)

FDW：調理残さ分解液 (Food Derived Waste decomposed solution)

分析結果から得られることは以下のとおりである。

- ・いずれの試料も色度（吸光度）が比較的高めの値を示した。
- ・全項目を測定した APS 試料、FDW 試料のいずれも、BOD 値・COD 値は高めの数値を示した。
- ・全リン濃度は 50ppm (APS) ~ 100ppm (FDW) 程度を示したが、ろ過時のポリ塩化アルミニウム (PAC) 添加により、その濃度を 1/3 から 1/5 程度に低減できた。
- ・FDW 試料の塩素濃度は、2,000 または 2,600ppm (PAC 添加) と高めの値を示した。

## 2) 金属腐食性評価

JIS に規定される腐食性試験に準じて、低炭素鋼の薄片を金属材料に用い、有機融雪剤試作試料の金属腐食性試験を実施した。

試験の方法・条件を表 3.2.1-2 に、試験の結果を表 3.2.1-3 に示す。

表 3.2.1-2 金属腐食試験の方法・条件

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試料液：試作有機融雪液剤を純水で 8 倍に希釈した試料（濃度約 3 %）8 種</li> <li>・ 対照試料液：3 %濃度 NaCl 水溶液</li> <li>・ 金属試料：低炭素鋼材片（材質 SS400）長さ約 5 cm×幅約 1 cm×厚さ約 0.2cm</li> <li>・ 試験容器：内容積 300ml の円筒型ガラス容器（直径約 10cm、深さ約 4 cm）</li> <li>・ 金属試料浸漬方法：試料液 50ml を試験容器に満たし、金属試料片を浸漬した。</li> <li>・ 浸漬条件：試験容器を 40 恒温装置槽内に入れ、容器上部を密閉した。</li> <li>・ 測定・撮影：浸漬後、7 日後、14 日後に金属試料を乾燥して重量を測定したのち、表面の腐食状態を撮影した。</li> </ul>
---

表 3.2.1-3 金属腐食性試験結果

試料	浸漬後測定時期	
	7 日後	14 日後
APS + 蟻酸ナトリウム	0.00	0.00
APS + 酢酸ナトリウム	0.00	0.00
APS + 塩化ナトリウム	0.51	0.59
FDW(0.3MPa・PAC 添加) + 蟻酸ナトリウム	0.35	0.28
FDW(0.3MPa・PAC 添加) + 酢酸ナトリウム	0.47	0.23
FDW(0.3MPa・PAC 添加) + 塩化ナトリウム	0.27	0.36
FDW(0.25MPa) + 蟻酸ナトリウム	0.15	0.37
FDW(0.25MPa) + 酢酸ナトリウム	0.36	0.18
3 %塩化ナトリウム水溶液	0.38	0.39

APS：りんご搾りかす分解液（Apple Sludge decomposed solution） 単位：mdd

FDW：調理残さ分解液（Food Derived Waste decomposed solution）

mdd：mg/dm<sup>2</sup>・day（平方 dm・日当たり減少 mg、鋼材表面面積は約 12dm<sup>2</sup>）

金属腐食試験の結果から得られることは以下のとおりである。

- ・ FDW + 蟻酸ナトリウム（ ）と FDW + 酢酸ナトリウム（ ）では、比較的著しい金属腐食性を示した。この結果は、FDW（0.25MPa、0.3 MPa）に 0.2%程度の塩素が含まれていることが影響しているものと解釈された（表 3.2.1-1 参照）。
- ・ 蟻酸ナトリウム単体で金属腐食を示すとの報告があるが、APS + 蟻酸ナトリウム（ ）は金属腐食性を示さず、APS + 酢酸ナトリウム（ ）も腐食は確認されなかった。

### 3) 有機分解液の成分把握検討

有機分解液の主要成分を把握する目的で、いくつかの機器分析を実施した。

有機性の食品残さを好気性分解すると、炭水化物・蛋白質・脂質などの高分子成分が徐々に分解して、糖類・アミノ酸・脂肪酸を経由して、低分子の有機成分と無機成分になる（図 3.2.1-1）。

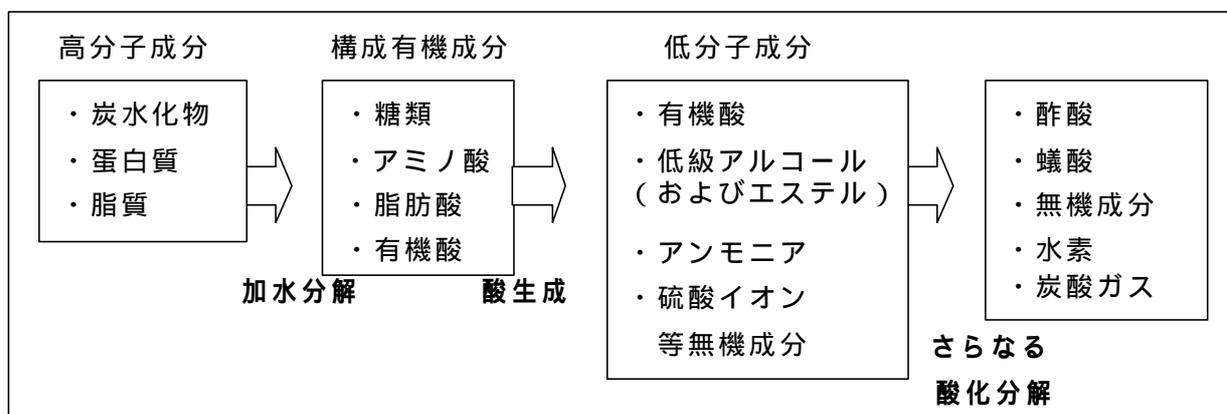


図 3.2.1-1 好気分解・発酵による有機物の分解過程

有機成分の同定と定量を目的として、有機酸分析およびガスクロマトグラフィ分離・質量スペクトル分析（GC/MS 分析）を実施した。有機酸分析の結果を表 3.2.1-4 に、GC/MS 分析により得られた半定量値を表 3.2.1-5 に示す。

GC/MS 分析での各成分の定量は、便宜的に各試料に防腐剤として加えた安息香酸ナトリウムを内部標準化合物として半定量値を求めた。安息香酸は添加後ほとんど分解していないものと仮定した。

表 3.2.1-4 有機酸分析の結果

有機酸測定項目	有機酸検出値	
	APS りんご搾りかす分解液	FDW 調理残さ分解液
蟻酸 (HCOOH)	260ppm (0.03%)	620ppm (0.06%)
酢酸 (CH <sub>3</sub> COOH)	1400ppm (0.14%)	1900ppm (0.19%)
フマル酸 (HOOCCH=CHCOOH)	1200ppm (0.12%)	2800ppm (0.28%)
マロン酸 (HC(COOH) <sub>2</sub> )	29ppm (0.003%)	0
リンゴ酸 (C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub> )	73ppm (0.01%)	96ppm (0.01%)
プロピオン酸 (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH)	0	44ppm (0.004%)

有機酸分析の結果、りんご搾りかす分解液と調理残さ分解液ともに蟻酸、酢酸、フマル酸が多く含まれることがわかった（表 3.2.1-4）。

表 3.2.1-5 各試料のガスクロマトグラフィ分離ピークの半定量結果

成分（化学式）	APS：りんご 搾りかす分解液		FDW： 調理残さ分解液	
	半定量値	全有機分中 の割合	半定量値	全有機分中 の割合
蟻酸（HCOOH）	450ppm	1.5%	1600ppm	5.0%
酢酸（CH <sub>3</sub> COOH）	2400ppm	7.7%	4850ppm	15.2%
エタノール（C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH）	3200ppm	10.3%	-	-
グリセリン （C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub> ）	4200ppm	13.5%	1500ppm	4.7%
フランメタノール （C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> O-OH）	-	-	1800ppm	5.6%
n-カブロン酸 （CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH）	-	-	5900ppm	18.4%
小計	10250ppm	33%	15650ppm	49%
安息香酸ナトリウム （C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COO・Na）	3960ppm （内部標準）	12.8%	7920ppm （内部標準）	24.7%

以上の半定量分析（GC/MS）の結果から、有機酸は蟻酸と酢酸が検出され、その他に、APS ではエタノールとグリセリンほか、FDW ではグリセリン、フランメタノール、n-カブロン酸などが含まれていることが明らかとなった。有機酸では、イオンクロマト分析の結果、この他にフマル酸ほかの含有が確かめられている。

#### 4) 水域への環境影響推定試験

試作有機融雪剤が水域に与える環境影響調査を目的に、酸素要求物質（BOD・COD 検知物質）と富栄養塩（窒素・リン）の低温下での分解、安定化傾向を確認するための模擬試験を実施した。評価項目と判定指標を表 3.2.1-6 に、方法を図 3.2.1-2 に示す。

表 3.2.1-6 水域環境影響評価項目と規制基準・判定指標

環境影響 評価項目	排水基準値	環境基準値 <参考値>	判定の指標
全窒素	120mg/L (日平均 60mg/L)	1 mg/L 以下 (年平均)	排水基準値（規制基準）への適合 (濃度推移と環境基準値との比較)
全リン	16mg/L (日平均 8mg/L)	0.1 mg/L 以下 (年平均)	同上
BOD	160mg/L (日平均 120mg/L)	5 mg/L 以下 (年平均)	同上
COD	160mg/L (日平均 120mg/L)	5 mg/L 以下 (年平均)	同上
pH	5.8～8.6	6.0～8.5	同上

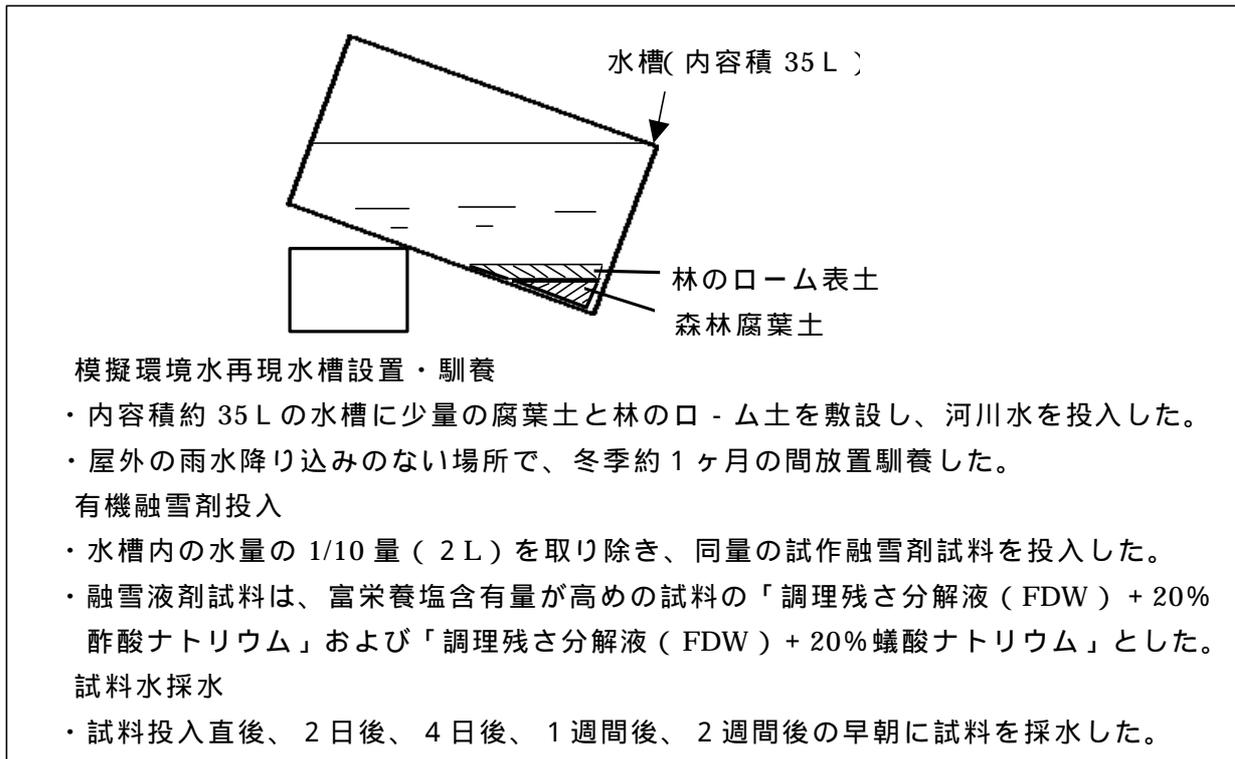


図 3.2.1-2 水域環境影響推定のための模擬試験方法

試料の水質分析結果を表 3.2.1-7 に示す。試験期間中の水槽内の採定時水温は 3 ~ 0.4 で、pH は 6 ~ 8 の間であった。

表 3.2.1-7 採水試料水質分析結果

試料名称	試験項目	BOD	COD <sub>Mn</sub>	T - P	T - N
	単位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
無添加 設定直後		4	37	0.6	65
無添加 14 日後		3	54	0.6	86
FDW-SA 試料投入直後		1700	250	1.2	110
FDW-SA 2 日後		640	210	1.2	61
FDW-SA 4 日後		770	260	1.1	71
FDW-SA 7 日後		1200	450	1.4	61
FDW-SA 14 日後		3400	1100	2.9	130
FDW-SF 試料投入直後		500	170	1.2	46
FDW-SF 2 日後		3100	440	4.0	130
FDW-SF 4 日後		3700	470	2.2	140
FDW-SF 7 日後		5500	630	4.8	130
FDW-SF 14 日後		8700	1200	5.0	220
備考	測定方法：BOD …… 隔膜電極法				
	COD <sub>Mn</sub> …… ICP 発光分光分析法				
	T - P ( 全リン ) …… ICP 発光分光分析法				
	T - N ( 全窒素 ) …… イオンクロマトグラフ法				

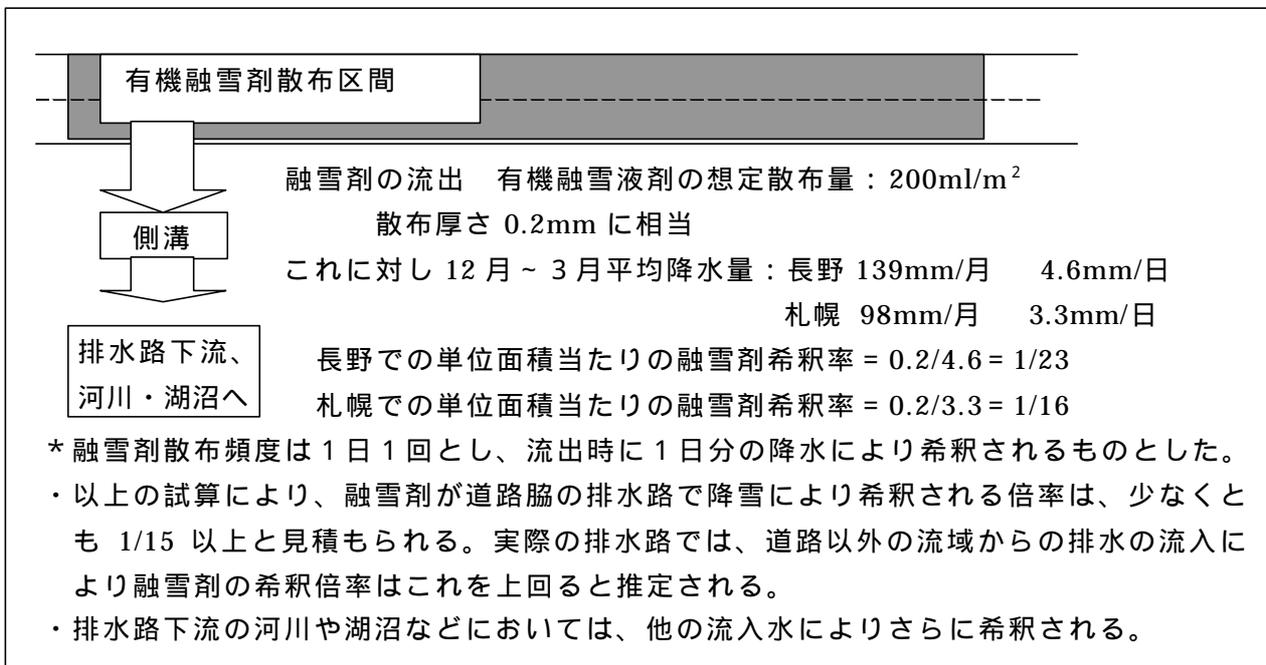
FDW-SA：調理残さ分解液 + 20% 酢酸ナトリウム

FDW-SF：調理残さ分解液 + 20% 蟻酸ナトリウム

以下に、試験の結果から推定されることを整理して記す。

- ・両試験区で、全リン濃度は排水基準を達成していると考えられた。
- ・全窒素と BOD・COD の測定は、測定値の濃度推移から正確な値を得られなかった。  
これは水槽内の河川水量に対して有機融雪剤投入試料量が多かったため、採水試料中の有機融雪剤由来成分の濃度が高すぎ、有機分解液（FDW）中の何らかの成分が定量分析操作に阻害的に働いたものと推定された。
- ・結論として、今回設定の模擬試験条件、特に有機融雪剤の排水等水域中での希釈率の想定が低すぎ、有機分（BOD・COD）や全窒素の濃度測定には適切でなかったと考えられた。

道路脇の排水路やその下流での排水の希釈の程度と、模擬試験の有機融雪剤の希釈率を比較考察した結果と根拠を図 3.2.1-3 に示す。



- ・長野市と札幌市の降水量平均値は、気象庁公表の 1971 年から 2000 年までの 30 年間計測値の平均値である。
- ・長野市はりんご絞りかすの入手が容易な地域の代表都市として、札幌市は事業系生ごみを利用する場合の代表都市として、融雪剤製造還元モデル地域に想定した。

図 3.2.1-3 融雪剤の排水・水域への移行と希釈率について

上記の考察より、今回の模擬試験では、有機融雪剤の投入希釈率は、実際の排水における希釈率よりもかなり低い条件、換言すれば実際の排水中に流出する成分濃度よりもかなり高い条件で試験を実施したと考えられた。

### 3.2.2 有機融雪剤試作と融雪剤の融氷・融雪特性

#### 1) 有機融雪液剤試作

りんご搾りかす分解液（APS）、調理残さ分解液（FDW）に蟻酸ナトリウムまたは酢酸ナトリウムを 20%と 25%（重量/体積%）添加溶解して、有機融雪剤を試作した。

#### 2) 室内融氷試験

室内融氷試験の手順、条件等を以下に記す。

ステンレス製金属トレイ（底面積 250cm<sup>2</sup>）に水道水を注ぎ、低温恒温室で - 5 または - 10 において 5 mm 厚さの氷の層を形成させたのち 1 時間静置した。

厚さ 1mm 分の融雪液剤（約 15 ）を氷層上に注ぎ、一定時間融氷量を測定した。

代表的な試料の融氷試験結果をグラフに示す（図 3.2.2-1、図 3.2.2-2）。

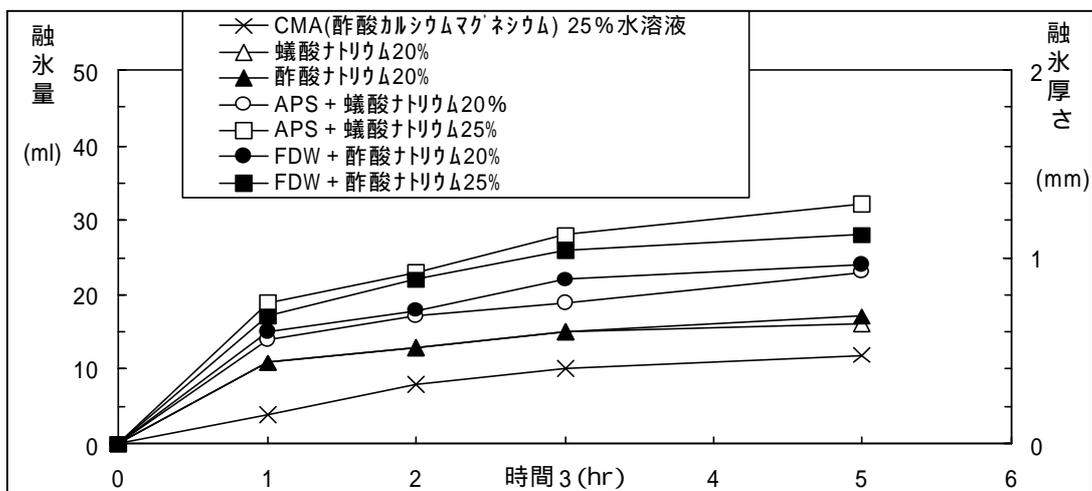


図 3.2.2-1 - 5 融氷試験結果

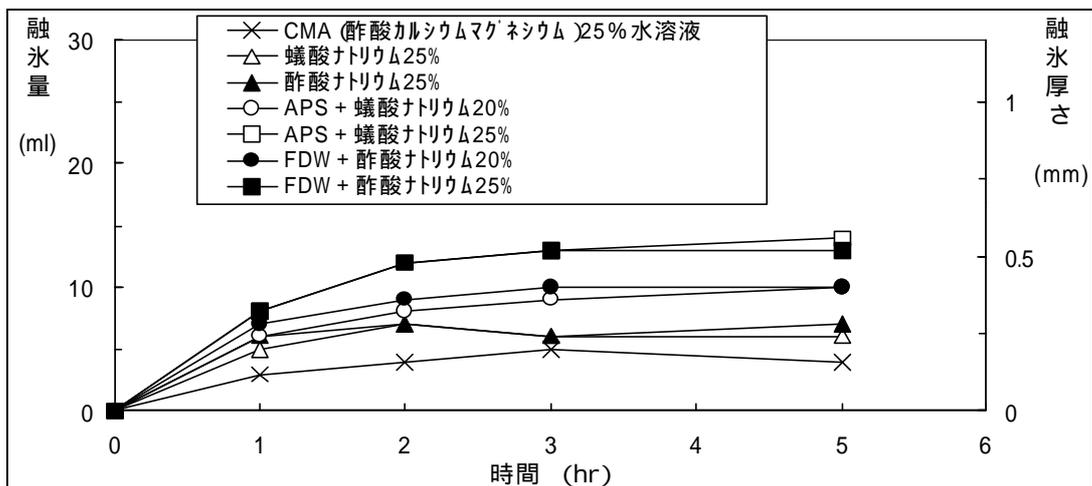


図 3.2.2-2 - 10 融氷試験結果

室内融氷試験の結果を整理すると以下のとおりである。

- ・有機分解液に低分子有機酸アルカリ金属塩を 20% 添加した試作試料は、5 時間で 1 mm 前後の融氷性能を示すことが確認された。
- ・試作有機融雪剤は、他の有機融雪剤水溶液試料よりも高い融氷性能を有していた。

## 2) 簡易除雪路面での融雪効果確認試験

### (1) 試験方法・試験時の状況

簡易除雪路面で融雪効果確認試験を実施した。試験方法と手順、および条件・状況等を表 3.2.2-1 に示す。

表 3.2.2-1 簡易除雪路面での融雪効果確認試験の方法・手順等

<p>試験区画の設定</p> <ul style="list-style-type: none"><li>試験区画：2 m × 2 m の舗装路面を除雪具を用い人力で簡易除雪し試験区画とした。</li></ul> <p>有機融雪剤散布条件</p> <p>対照試験区 酢酸 CaMg25% 液剤 200ml/m<sup>2</sup> ( 粒剤にして 50g/m<sup>2</sup> )</p> <p>対照試験区 酢酸 CaMg 粒剤 40g/m<sup>2</sup></p> <p>試験区 A APS + 20% 蟻酸 Na 100 ml/m<sup>2</sup> ( 有効成分約 24g/m<sup>2</sup> 相当 )</p> <p>試験区 B APS + 20% 蟻酸 Na 150 ml/m<sup>2</sup> ( 有効成分約 36g/m<sup>2</sup> 相当 )</p> <p>試験区 C FDW + 20% 酢酸 Na 100 ml/m<sup>2</sup> ( 有効成分約 24g/m<sup>2</sup> 相当 )</p> <p>試験区 D FDW + 20% 酢酸 Na 150 ml/m<sup>2</sup> ( 有効成分約 36g/m<sup>2</sup> 相当 )</p> <p>測定項目</p> <ul style="list-style-type: none"><li>路面状況の目視による確認、および雪温 ( デジタル温度計を使用 )</li></ul> <p>試験状況</p> <ul style="list-style-type: none"><li>試験実施日・場所：2004 年 1 月 26 日 信州大学工学部 長野市若里キャンパス構内</li><li>簡易除雪したアスファルト路面の雪温が - 2 以下になり次第、融雪剤を散布した。</li><li>融雪剤散布後、交通に見立てて数人が往来し、散布路面を鞋底で乱した。</li><li>散布後約 30 分経過時と翌朝早くに路面状況を確認のうえ、撮影した。</li></ul>
--

### (2) 試験結果

散布前試験区と融雪剤散布の状況を写真 3.2.2-1 ~ 写真 3.2.2-3 に示す。



写真 3.2.2-1 路上試験路面 写真 3.2.2-2 融雪液剤散布 写真 3.2.2-3 融雪粒剤散布

翌朝 ( 雪温 - 5 時 ) の試験区路面の状況を写真 3.2.2-4 ~ 写真 3.2.2-9 に示す。



写真 3.2.2-4 対照区  
酢酸 CaMg 液剤 200ml/m<sup>2</sup>



写真 3.2.2-5 対照区  
酢酸 CaMg 粒剤 40g/m<sup>2</sup>

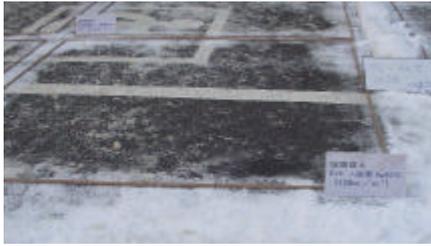


写真 3.2.2-6 試験区 A  
APS + 蟻酸 Na 100ml/m<sup>2</sup>

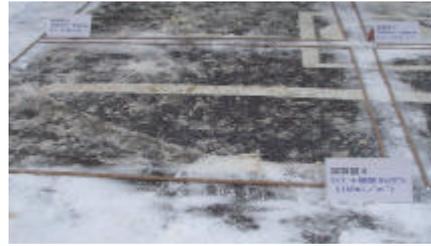


写真 3.2.2-7 試験区 B  
APS + 蟻酸 Na 150ml/m<sup>2</sup>



写真 3.2.2-8 試験区 C  
FDW + 酢酸 Na 100ml/m<sup>2</sup>

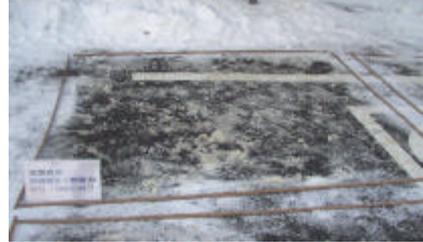


写真 3.2.2-9 試験区 D  
FDW + 酢酸 Na 150ml/m<sup>2</sup>

融雪剤散布攪乱直後の路面状況を整理して表 3.2.2-2 に示す。なお、融雪剤散布前～散布後の雪温は - 1.9 ~ - 2.7 であった。

表 3.2.2-2 路上簡易融雪試験後路面状況

試験区	試験区 A APS + 蟻酸 Na20% 100ml/m <sup>2</sup>	試験区 B APS + 蟻酸 Na20% 150ml/m <sup>2</sup>	試験区 C FDW + 酢酸 Na20% 100ml/m <sup>2</sup>	試験区 D FDW + 酢酸 Na20% 150ml/m <sup>2</sup>	対照区 酢酸 Ca・Mg 25%水溶液 200ml/m <sup>2</sup>	対照区 酢酸 Ca・Mg 粒剤 40g/m <sup>2</sup>
融雪効果	+	+ ~ ++	+	+ ~ ++	++	± ~ +
散布後 雪面状況	半量程の雪 が残った。 残雪は粘着 性を示した	残雪は多少 粘着性を示 した	半量程の雪 が残った。 残雪は湿っ たざらめ状 を呈した	残雪は湿っ たざらめ状 を呈した	圧雪が少量 残った。残 雪はざらめ 状を呈した	融雪は余り 認められな い。残雪は 多少ざらめ 状を呈した

翌朝の路面状況観察結果を整理して以下に記す。

- ・当日最低気温は - 6 、路面確認時の雪温は - 5 ~ - 4.6 であった。
- ・いずれの試験区でも、路面は融雪剤散布直後より融雪が多少進行しており、再凍結してスリップしやすい路面を形成する状況は見うけられなかった。
- ・対照区 で最も融雪が進み、路面状況は好ましい状況であった。
- ・試験区 A ~ D が対照試験区 に比して融雪効果が劣るのは、融雪液剤試験区画がいずれも車両駐車スペースに当たり、数日前からの自動車進入で圧雪が一部氷板へと変わって路面に固着していたことによるものと考えられる。

#### 4) 寒地試験路面での効果試験

(独)北海道開発土木研究所の苫小牧寒地試験道路において、氷板路面に対する有機融雪液剤の効果を、すべり摩擦係数の面から試験した。

試験の方法・手順および条件を図 3.2.2-3 に示す。

##### 条件

試験実施日 : 平成 16 年 1 月 27 日 15:00 ~ 21:05

温度条件 : 開始時 気温 - 3.2 路温 - 2.1

終了時 気温 - 4.3 路温 - 4.1

試験実施箇所 : 苫小牧寒地試験道路 (北海道苫小牧市柏原 211 番地-1)

試験タイヤ : 冬期路面管理用標準タイヤ

##### 方法・手順

- ・有機融雪剤には調理残さ分解液 (FDW) + 酢酸ナトリウム 20% を使用した。
- ・路面に散水車で 2 回散水し、約 3mm 厚のブラックアイス (氷板路面) を作成した。
- ・試験ヤードの走行方向 25m を有機融雪剤の散布区間とし、75m を非散布区間とした。
- ・同研究所所有のすべり抵抗試験車を用いて、有機融雪剤を散布する前のすべり摩擦係数を計測した (測定速度 20km/h)。
- ・じょうろを用いて、幅 1m の範囲に有機融雪剤を 200ml/m<sup>2</sup> 散布した。
- ・前記試験車により散布直後のすべり摩擦係数を測定した。
- ・一般通行車両を模擬した車両を走行させ、延べ 50 台が走行する毎にすべり摩擦係数を測定した (延べ 300 台通過まで)。

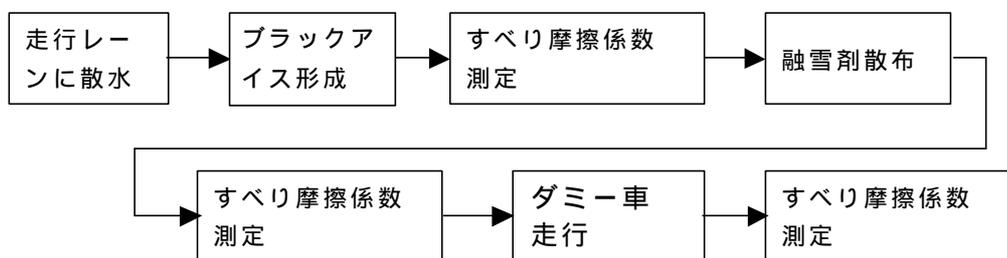


図 3.2.2-3 寒地試験道路融氷試験の手順

融雪剤散布後のすべり抵抗摩擦係数の変化を図 3.2.2-4 に示す。試験結果から分かることは以下のとおりである。

- ・ダミー車走行後のすべり摩擦係数は約 0.18 ~ 約 0.20 の範囲で推移した。
- ・有機融雪剤を散布する前のすべり摩擦係数は約 0.15 で、“非常に滑りやすい氷板”であったが、散布後に約 0.18 の“滑りやすい氷板”に路面状態が回復しており、散布による路面状態の改善が見られた。
- ・有機融雪剤の散布によってすべり摩擦係数が改善しているが、散布後のすべり摩擦係数が約 0.18 であることから、舗装の露出は完全ではなく一部の露出と考えられた。このことから、厚めの氷板を全て溶かして路面を露出させるには、散布量が不足していたと考えられた。

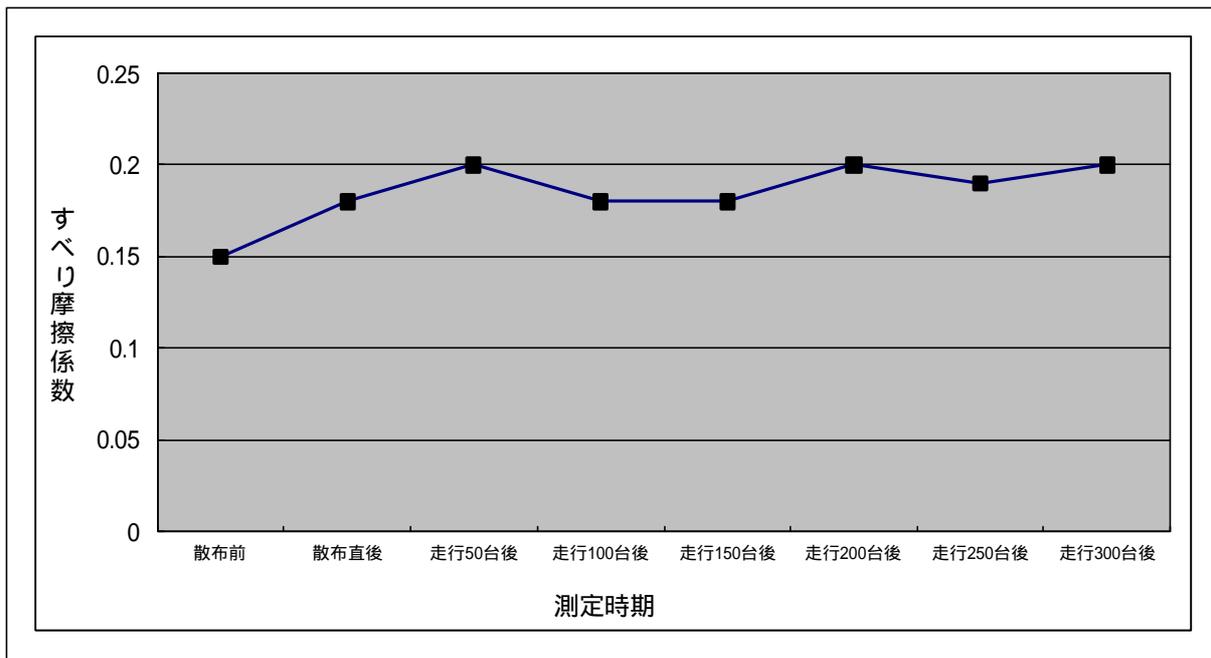


図 3.2.2-4 有機融雪剤のすべり摩擦係数変化

(4) 道路融氷試験状況

道路融氷試験の状況を写真 3.2.2-10～写真 3.2.2-12 に示す。



写真 3.2.2-10 有機融雪液剤散布



写真 3.2.2-11 すべり抵抗計測車走行



写真 3.2.2-12 計測車走行後の軌跡

5) 圧雪不攪乱路面での融雪効果確認試験

圧雪路面で融雪効果確認試験を実施した。手順・条件等は以下のとおりである（表 3.2.2-3）。

表 3.2.2-3 圧雪路面での融雪効果確認試験の手順・条件

試験区画の設定
・前夜より朝にかけて 2 cm 余りの積雪があったため、積雪を人力で踏み固めて圧雪路面を作成した。
・試験 1：1 m × 1 m の圧雪路面 3 面を区切り、試験区とした。
・試験 2：2 m × 2 m の圧雪路面 2 面を区切り、試験区とした。
有機融雪剤散布条件
・「試験 1」人の靴底で踏み固められた圧雪路面で散布後 2 時間までの変化を観察した。
対照試験区 酢酸 CaMg25% 液剤 200ml/m <sup>2</sup> （粒剤にして 50g/m <sup>2</sup> 相当）
試験区 APS-1 APS + 20% 酢酸 Na 200 ml/m <sup>2</sup> （有効成分約 48g/m <sup>2</sup> 相当）
試験区 FDW FDW + 20% 酢酸 Na 200 ml/m <sup>2</sup> （有効成分約 48g/m <sup>2</sup> 相当）
・「試験 2」踏み固められた圧雪の下に 1 ~ 2 cm 厚さの氷板が形成されている路面で散布後 2 時間までの変化を観察した。
対照試験区 酢酸 CaMg 25% 液剤 500ml/m <sup>2</sup> （粒剤にして 125g/m <sup>2</sup> 相当）
試験区 APS-2 APS + 20% 酢酸 Na 500 ml/m <sup>2</sup> （有効成分約 120g/m <sup>2</sup> 相当）
測定項目
・目視による融雪剤散布後の路面状況の確認
・雪温（デジタル温度計使用）

試験場所期日、散布試験の状況、散布後路面状況等を以下に記す。

- ・試験実施日・場所：2004 年 2 月 6 日 9：00 ~ 11：00 信州大学工学部 長野市若里キャンパスの構内道路
- ・有機融雪剤はじょうろを用いて試験区画内に均等に散布した。
- ・散布後 1 時間ごとに路面状況を目視により確認し、路面の状態を撮影した。
- ・試験実施時の雪温は試験期間を通じて 0 前後であった。

「試験 1」の散布 2 時間後の状況を写真 3.2.2-13 ~ 写真 3.2.2-15 に示す。



写真 3.2.2-13 対照



写真 3.2.2-14 APS-1



写真 3.2.2-15 FDW

路面状況観察の結果よりわかることは以下のとおりである。

- ・FDW + 酢酸 Na 散布区で、対照区の酢酸 CaMg 散布区よりも高めの融雪効果が認められた。

「試験 2」対照試験区（酢酸 CaMg 500ml/m<sup>2</sup>）と APS-2 区（APS + 20% 酢酸 Na 500 ml/m<sup>2</sup>）の散布後 2 時間の状況を写真 3.2.2-16 ~ 写真 3.2.2-17 に示す。また、「試験 2」の散布 1 時間後の試験区と無散布圧雪路面の状況を写真 3.2.2-18 に示す。



写真 3.2.2-16 対照区 散布後 2hr



写真 3.2.2-17 APS-2 散布後 2hr



写真 3.2.2-18 APS-2 (左)、無散布区画 (中央)、対照区 (右)

路面状況観察の結果よりわかることは以下のとおりである。

- ・APS + 酢酸 Na 散布区で、対照区の酢酸 CaMg 散布区よりも高い融雪効果が認められた。

### 3.3 有機融雪剤製造事業と製造プロセスに関する検討

本節においては、下記的前提条件のもと、有機融雪剤製造技術の事業化にかかわるプロセスについて検討を実施した。

#### 1) 有機融雪剤原料

有機融雪剤の原料として想定する有機廃棄物を、以下の2種類に限定した。

##### 食品系事業廃棄物

- ・有機融雪剤原料に適用が期待される果汁製造残さなどがある（表 3.1.1-1 参照）。
- ・りんご搾りかすを具体的な有機融雪剤原料に取り上げた。
- ・事業廃棄物は産業廃棄物のため、製品製造施設を公共とする想定は除外した。

##### 事業系生ごみ

- ・事業系生ごみは融雪剤の使用が集中する都市やその近郊での発生が多くを占め、地域によらずまとまった量の原料確保が容易であると考えられる。
- ・融雪剤製造施設の運営を民間または公共が実施することを想定する。

#### 2) 有機融雪剤製造プラントの規模

##### 有機廃棄物量

- ・日当たり廃棄物原料受入れ量は5t程度を目安とし、5t処理プラント施設での廃棄物処理・再生製品製造事業を対象とした。

##### 融雪剤製造量

- ・今回の製造プロセス検討の結果などより、有機融雪剤の日当たり製造量は原料の2割増しの約6tと見積もられた（図 3.3-1）。
- ・プラント施設の稼働を月に20日～25日として、月当たりの有機融雪剤製造量は120t～150t、年間では年稼働10ヶ月の場合1,200t～1,500t、年稼働12ヶ月の場合1,400t～1,800tが見込まれる。

図 3.3-1 に有機融雪剤製造工程の概略物質収支を示す。

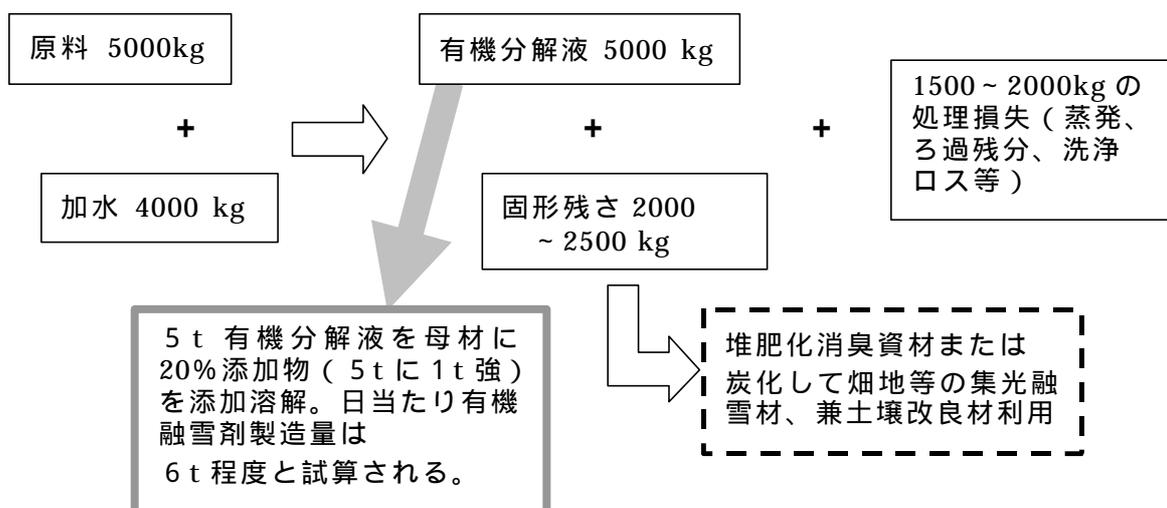


図 3.3-1 有機融雪剤製造工程における概略収支

### 3.3.1 有機廃棄物の発生特性にあった資源化と製造プロセスの検討

#### 1) 食品系有機資源発生量と発生特性

##### (1) 食品系事業廃棄物

有機融雪剤製造事業を考えるうえで、代表的な有機融雪剤原料として取り上げたりんご搾りかすは発生時期が冬季に限られるため、複数の果汁工場発生残さを原料とすることを前提に、果汁製造工場で発生するその他の残さについても調査した。

りんご搾りかすの全国での年間発生量は前述のように4万t以上と推定される(表3.3.1-1)。りんご搾りかすの発生量を主な発生地各県別に以下にまとめて記す。

- ・青森県では1994年～1998年の5年間で、年間1万5千t～2万3千tのりんご搾りかすの発生があり、全国の発生量の1/2弱を占める。
- ・長野県でのりんごの搾汁量は2万t～4万tで、原料の約25%に当たる5千t前後のりんご搾りかすが発生していると推定される。
- ・その他の主なりんご生産県である岩手、山形、秋田各県でも、数千t以上のりんごが搾られ、年に5百tから千t以上の搾りかすが発生していると推定される。

某JA系果汁製造工場を対象に、年間の製造残さ発生状況を聞き取り調査した。その結果を表3.3.1-1に示す。

表 3.3.1-1 果汁製造工場での各種製造残さ年間発生量(一部推定)

製造残さ種類	製造原料受入	製造残さ発生	主な発生時期	月平均	日平均*
りんご搾りかす	4000～5000t	1000～1250t	11月半ば～2月	250t以上	10t以上
もも搾りかす	1000t以内	100～200t	7月～8月	50～100t	2～4t
トマト搾りかす	3000～3500t	300t以下	8月～9月	150t以下	6t以下
根菜類かす**	3000～4000t	600～800t	3月～6月	150～200t	6～8t
計	11000～13500t	2000～2500t	11月半ば～9月	200～255t	8～10t

\*日平均：月当たり稼働日数を25日と仮定した。

\*\*根菜類かす：野菜ジュース製造の原料として、トマト以外ににんじん・セロリ・キャベツ・ほうれん草などがある。残さ発生量は推定量である。

##### (2) 事業系生ごみ

人口規模別の1人1日当たりの一般廃棄物排出量統計値を調査した結果、以下が明らかとなった。以下に要点を整理して記す。

- ・事業系ごみは都市部ほど人口一人当たりの排出量が多い。
- ・事業系ごみのうち生ごみの割合を3割とすると、10万人の人口を有する都市で事業系生ごみの日発生量は9.2tと推計された。
- ・同様に5tの事業系生ごみを確保するには、人口5.3万人を有する町を対象に、すべての事業系生ごみを収集すればよいと推計された。

また、事業系生ごみを収集する場合の効率は、市街域で高いことから、事業系生ごみの調達には都市部でより容易であると考えられる。

## 2) 有機融雪剤の需要

### (1) 融雪剤の需要

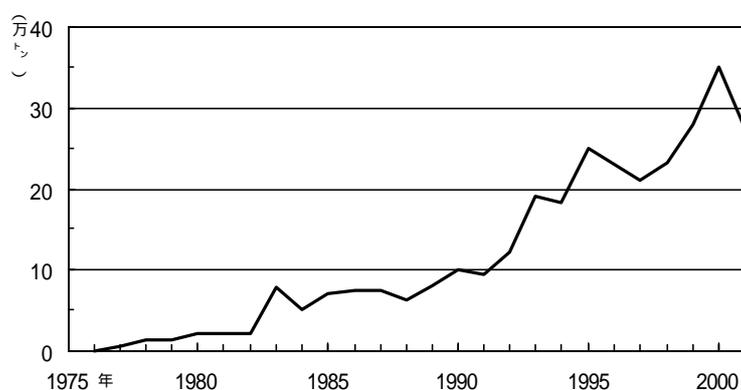


図 3.3.1-1 融雪剤に使用される塩の量の推移

我が国で融雪剤に使用される塩 (NaCl) の量は、図 3.3.1-1 に示すように 30 万 t 前後である。これに塩化カルシウム等を加えると、塩化物系融雪剤の使用量は 35 万 t 近くに達する。これに対して、各種の塩害を回避する目的で使用されている有機融雪剤の量は、塩化物使用量の 5 % (1.75 万 t) に満たないと推定される。

これらの情報をもとに、積雪寒冷地域での融雪剤年間使用量を人口から概算した。塩化物系と有機系の融雪剤の年間使用量はそれぞれ 35 万 t、1.75 万 t とした。

積雪寒冷地域の人口 100 万人で平均 1.5 万 t 弱の塩化物融雪剤が用いられる。

有機系融雪剤の使用量は塩化物系の 5 % と仮定すると、積雪地域人口が 100 万人の県で総量 700 ~ 800t と試算される。

従って、有機系融雪剤占有率が現状のままであれば、日 5 t 処理の有機融雪剤製造施設の規模で 1 県の有機融雪剤使用量をカバーできることとなる。逆に、多くの積雪寒冷地域で塩化物系融雪剤使用量が有機系を大きく上回ることから、有機融雪剤の使用量増加の余地があるとすれば、有機廃棄物を原料とする有機融雪剤の適用可能性があると考えられる。

有機廃棄物を原料とする有機融雪剤の供給量と散布面積の試算結果を以下に示す。

- ・ 除雪路面に対する散布量を  $200\text{ml}/\text{m}^2$  とすると、日処理 5 t の有機融雪剤製造施設での生産量日 6,000L により散布可能な道路面積は 3 万  $\text{m}^2$ 、6 m 道路では延長 5 km 程度に相当する。

### (2) 有機融雪剤の潜在需要

現在融雪剤が使用されている主要道路以外に、地域の生活道路や歩道なども有機融雪剤の適用対象に想定した。有機廃棄物を原料とする有機融雪剤の日製造量で生活道路 (幅 4 m) または歩道 (幅 2 m) に散布可能な距離を算定すると以下のようなものである。

- ・ 4 m 生活道路：散布可能延長距離は約 7.5km と算定される。
- ・ 2 m 歩道：散布可能延長距離は約 15km と算定される。

注) 有機融雪剤の生産量日当り 6,000L、散布量は圧雪路面での融雪試験の結果から  $500\text{ml}/\text{m}^2$  とした。

3) 有機融雪剤の目標製造コスト

市販の代表的道路融雪剤の単価を表 3.3.1-2 に記す。融雪剤単価は 2004 年 2 月物価版を参照した。

表 3.3.1-2 市販道路融雪剤の単価

融雪剤種類	t 当たり単価	散布量	単位面積 当たり単価
塩化ナトリウム	2 万円 ~ 3 万円	-	-
塩化カルシウム (防錆剤製品含む)	5 万円 ~ 5.8 万円	-	-
酢酸カルシウムマグネシウム	16 万円 ~ 21 万円 (160 ~ 210 円/kg)	50g/m <sup>2</sup>	8 ~ 10.5 円/m <sup>2</sup>

塩化カルシウムの単価：販売最小単位 1 t の場合、荷姿 25kg 袋

上記市販競合品価格を参考に、有機廃棄物を原料とする有機融雪剤の目標製造コストを設定し(表 3.3.1-3) また有機融雪剤製造事業の収支を概算した(表 3.3.1-4)。

有機融雪剤の目標製造コストと製造事業概算収支より、有機廃棄物利用有機融雪剤の製造事業を実現するには、以下のいずれかを達成することが重要であると考えられた。

有機融雪剤製品製造コストの低減

有機融雪剤製品の性能および品質向上

これら課題は「事業形態の検討」で説明する。

表 3.3.1-3 有機融雪剤の目標製造コスト

有機融雪剤配合	目標製造コスト (目標製品単価)	散布量	単位面積当 り製品単価
酢酸ナトリウム 20% 配合	3.7 万円/t (4 ~ 4.5 万円/t)	200ml/m <sup>2</sup>	8 ~ 9 円/m <sup>2</sup>
蟻酸ナトリウム 20% 配合	4 万円/t (4 ~ 4.5 万円/t)	200ml/m <sup>2</sup>	8 ~ 9 円/m <sup>2</sup>

表 3.3.1-4 有機廃棄物を原料とする有機融雪剤製造事業の概算収支

費用項目	製造費概算 (有機融雪剤製品 t 当たり)
施設・装置償却費	1.25 万円
ランニングコスト (薬剤添加費含まず)	0.6 万円
薬剤添加費 (200kg/t)	酢酸 Na : 2.7 万円 蟻酸 Na : 3 万円
有機廃棄物受入れ費	0.6 万円*
計	酢酸 Na 配合製品 : 4 万円弱 蟻酸 Na 配合製品 : 4.3 万円弱

\* 廃棄物(原料)受入れ収入を t 当たり 0.7 万円とし、製品 t 換算で表した。

表 3.3.1-4 の試算には収集運搬の費用は含めていない。しかし、食品系事業廃棄物、事業系生ごみともに、その収集運搬を業として行う場合には廃棄物処理法に基づき、収集運搬業の許可を得る必要がある。あるいは、有機廃棄物原料を発生源の事業所内で資源化するケースを除き、一定の収集運搬委託コストが必要となる。

現状、廃棄物の収集運搬を委託する場合の料金は比較的割高となっている。従って事業実施にあたっては、融雪剤製造事業主体が収集運搬を行う、あるいは原料排出者の持ち込みを前提とするなど、収集コスト低減のための具体策を盛り込んだ仕組みづくりが必要と考えられる。

#### 4) 製造プロセスの検討

スケールアップやプラント設備の汎用化などの製造プロセスについて簡単に説明する。

##### (1) スケールアップ

スタディでは、原料スラリー調整と液状分解の工程は 1,000L 規模で実施したため、想定事業規模( 5,000L 槽 × 2 槽 )の 1/5 ~ 1/10 スケールでの確認試験となった。また、加圧ろ過による固液分離工程は、ろ布面積 0.3m<sup>2</sup> と、想定事業規模で必要な装置(ろ布面積 60m<sup>2</sup>) の 1/2,000 スケールの試験機を使用して条件検討やろ過効率化試験を行った。

有機融雪剤製造プロセスの実用化には、以下の確認試験を実施する必要がある。

原料スラリー調製

数 m<sup>3</sup> 容量以上の粗破碎工程およびスラリー調製工程の作業効率確認

分解液状化

5,000L 容量の高速攪拌分解機での分解効率、作業効率の確認

加圧ろ過・固形残さ(脱水ケーキ)排出自動化

5 ~ 6 m<sup>2</sup>ろ布面積実機での、ろ過効率確認、脱水ケーキの剥離・排出確認

##### (2) プラント設備汎用化

プラント設備汎用化は、副生する固形残さの利用と融雪剤製品形態の汎用化の 2 面から検討する必要があると考えられる。以下にそれぞれの内容を簡単に記す。

###### (a) 副生する固形残さの再生製品への変換

りんご搾りかすや事業生ごみを用いて、有機融雪剤製造検討を実施し、プロセス効率化が達成されたが、未だ比較的大量の固形残さが発生する。固形残さの減量化に安価な繊維質分解酵素源(廃棄物由来含む)などを用いた分解工程のさらなる効率化、および残さの再生製品への利用が検討課題である。再生製品候補として粒状炭化物があげられる。この用途として、集光融雪材兼土壌改良材としての使用、脱臭剤などの機能材料が考えられる。

###### (b) 有機融雪剤製品形態の汎用化

液体の融雪剤は保管のコスト・安定性、効果持続性などの面で固形剤(粒剤)と比較して不利であり、多様な形態の製品を製造可能なプラント開発が課題である。

・固形剤化：固形剤化後の粘着性低減や再溶解性確保が満たされる必要がある。

・すべり止め材含浸製品：各種すべり止め材にしみこませた形態での使用等

### 3.3.2 事業形態の検討

リサイクル原料の確保の要件を満たし、地域社会の実態にあった有機廃棄物利用融雪剤製造事業の基本形態として、製品製造主体型事業および廃棄物処理主体型事業の2つの形態を想定した。それぞれの全体イメージを図3.3.2-1、図3.3.2-2に示す。

#### 1) 製品製造主体型

- ・有機融雪剤製品製造を主目的とした仕組みを想定した。
- ・原料排出者を特定事業者に限定し、製品購入者は特定（道路管理者、自治体等）不特定（民間利用者）あるいは両者（道路管理者、自治体、民間利用者）を想定した。
- ・食品系事業廃棄物を主原料とする事業化では本形態を軸に考えた。

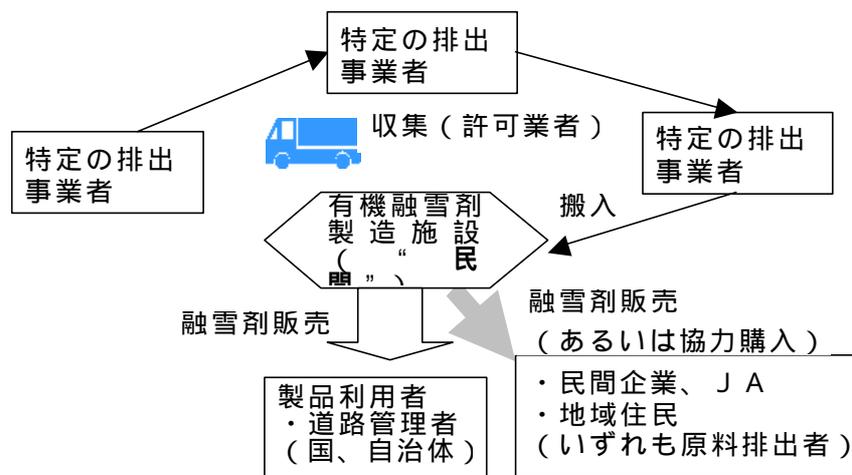


図 3.3.2-1 製品製造主体型事業の全体イメージ

#### 2) 廃棄物処理主体型

- ・食品系有機廃棄物の処理を主目的とする事業を想定した。
- ・原料排出者は特定事業者および不特定事業者とし、原料の種類は事業系生ごみ単独、または食品系事業廃棄物および事業系生ごみの混合を想定した。

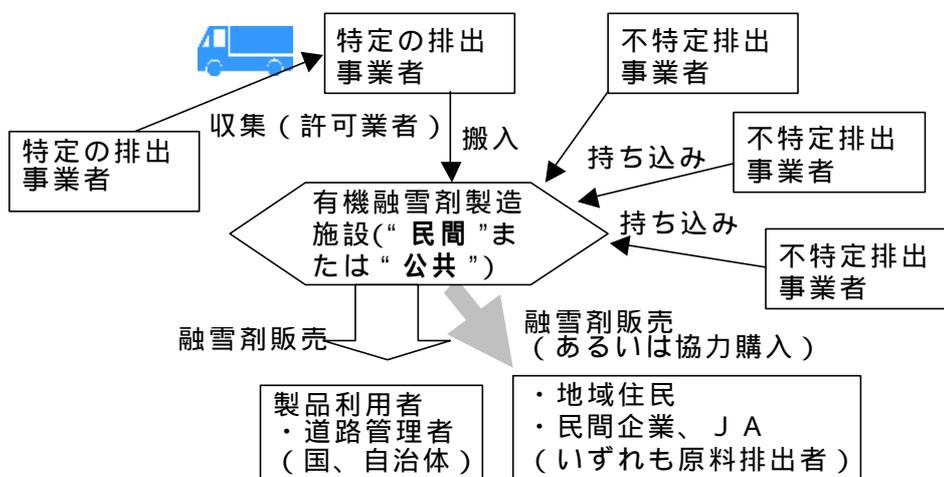


図 3.3.2-2 廃棄物処理主体型事業の全体イメージ

有機融雪剤製造事業の成立に重要と考えられる前述の2つの項目につき説明する（図3.3.2-3参照）。

(1) 有機融雪剤製造コストの低減

廃棄物リサイクル事業においては、処理・製造コストの面で競合製品と比較してデメリットを負うのが通例である。有機融雪剤製造もこの例外ではなく、さらなる製造コスト低減のためのプロセス効率化が求められる。

事業主体を民間とする場合、有機融雪剤製造事業概算収支（表3.3.1-4）に示したように、施設・装置償却費およびランニングコスト（薬剤費含む）の大幅な縮減は短期には望めず、収入部分として見込むことのできる廃棄物原料受入れ費の確保、または助成金による支援が重要なポイントになると考えられる。

また、地域社会における有機融雪剤製造事業の課題として図3.3.2-3に示すように、事業の実施による環境保全効果の合意形成がなされれば、施設建設費用の一部補助やランニングコストの助成、あるいは将来的には公的な施設運営も期待される。

(2) 有機融雪剤製品の性能・品質向上および適用用途拡大

有機融雪剤性能の向上は単位面積当たりの必要散布量の低減につながり、間接的に製造コスト低減につながる。また、今回液体の形態で試作した有機融雪剤の固形剤化などにより、性能向上および保管コスト・輸送コストの低減が期待される。

さらに、前述のように、生活道路や歩道への適用など潜在需要の開発・適用は、特有の融雪剤製品としての認知や新たな製品価値につながることを期待される。

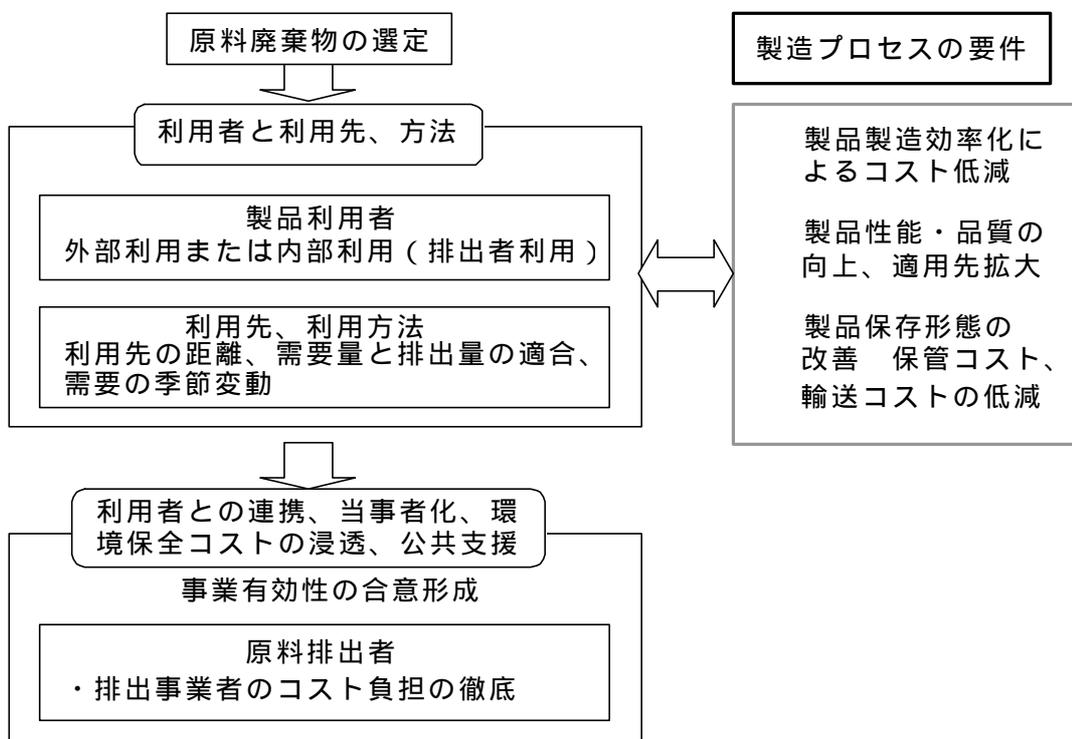


図 3.3.2-3 有機融雪剤製造事業にかかわるプロセス

## 4. まとめ

### 4.1 有機融雪剤製造システムの実用化検討

原料スラリーの調製手法検討と高温分解液状化の効率化検討を行い、原料スラリーの前処理により、高濃度でも流動性の高い原料スラリーを調製でき、高温で臭気の発生無く分解液状化可能なことが明らかとなった。

次に、分解液状化処理で得られた有機性懸濁液の固液分離効率化のため、バッチ式加圧ろ過方式を選定し、多重管式の加圧ろ過試験機を用いて条件検討を行い、ろ過助剤の添加等により実用的なろ過速度と、固形残さの速やかな排出を達成可能なことを確認した。

また、加圧制御システムの試作により、適切な加圧条件を機械的に設定することで、ろ過速度向上と脱水固形残さ排出効率化がなされることを確認した。これにより、一連のろ過作業の全自動化実現の可能性が高まり、全自動化が実現されれば、比較的小面積のろ布で工業的な固液分離操作が可能と考えられた。

有機融雪剤製造プロセスの最終工程である有機分解液母材へのアルカリ金属塩溶解工程の効率化については、試作した上向流型溶解機（複管式循環対流攪拌機）を用いて溶解試験を行った結果、従来型の攪拌溶解機と比較して大幅な溶解工程の効率化が可能であった。従って、アルカリ金属塩を効率的に溶解できることが確認された。

### 4.2 有機融雪剤の試作と性能・特性

有機融雪剤の母材となる有機分解液の成分・性状分析を行い、色度と有機分が高めであることを確認した。リン濃度はりんご搾りかす・調理残さいずれを原料とする場合も低めの値であったが、加圧ろ過時に無機凝集剤を添加することでさらに濃度を低減できた。

水域環境影響を推定するための模擬試験では、リン濃度が十分基準を下回ると推測されたが、模擬試験の希釈率が不適切であったこともあり、有機分（BOD・COD）と窒素分の低減の排水中での濃度推定や経時的な濃度推移の傾向を得ることができなかった。

また、調理残さの分解液で塩素濃度は0.2%前後と低かったが、試料濃度の有効成分濃度を3%と高めの設定で、40において腐食性を確認した結果、金属腐食性が確認されたことから、現実的な試料濃度での対処が必要となる。

試作融雪剤の性能評価では、まず室内融氷試験により試作融雪剤で市販の代表的有機融雪剤に比べ高い融氷効果を持つことを確認した。この有機融雪剤試作品を用いて、簡易除雪路面と圧雪路面での融氷試験、さらにアイスバーン路面での融氷試験を実施し、前者において市販有機融雪剤と同等以上の融氷効果を認め、後方で一定の融氷効果を確認した。

### 4.3 有機融雪剤製造事業と製造プロセス

製造プロセス検討の結果を踏まえて、製造プロセスと融雪剤製造事業の課題を検討した。

製造プロセスについては、実用化に向けての各工程のスケールアップ検証、プラント汎用化課題として副生固形残さの有効利用と製品形態の多様化検討が必要と考えられる。

事業の基本形態として、製品製造主体または廃棄物処理主体の事業形態の2形態を想定し、いずれにおいても、有機融雪剤製造コストの低減および有機融雪剤製品の性能・品質向上と適用用途拡大の実現が、事業化達成の重要な課題であることを明らかにした。

また、収集コスト低減のための具体策を盛り込んだ仕組みづくりの必要性が事業化推進の課題として認識される。

#### 4.4 事業化開発へ向けて

事業の基本形態の検討結果から得られるように、有機廃棄物を利用する有機融雪剤製造において、事業化に向けて最も求められるものは、第一に製品コストの低減であり、第二に製品の性能および品質の向上であることが明確となった。

製品コストの低減については、まず「有機廃棄物破碎スラリーの分解処理での固形残さのさらなる分解効率化」を可能とすることが考えられ、これは「製品性能の向上」と「副生固形残さの処理または利用コストの縮減」につながるものと考えられる。

製品性能の向上に関しては、固形剤化や濃縮・すべり止め材含浸製品化などの剤形態への転換・多様化が製品としての性能と汎用性を高めることになるとの見込みを得られた。事業化を実現するうえで、汎用性を有する融雪剤製造プラントの開発も重要である。

製品品質の面では、有機分（BOD・COD）と窒素分の低減を製品実用化の要件として検討するとともに、食品調理残さを原料にする場合の融雪剤製品への塩化物混入許容濃度の指標についても検討が必要であると考えられる。

- 禁無断転載 -

システム開発 15 - F - 8

有機廃棄物を利用した塩害のない融雪剤製造プラント  
の開発に関するフィージビリティスタディ報告書

- 要 旨 -

平成 16 年 3 月

作 成 財団法人 機械システム振興協会  
東京都港区三田一丁目 4 番 28 号  
TEL 03-3454-1311 (代)

委託先 財団法人 エンジニアリング振興協会  
地下開発利用研究センター  
東京都港区西新橋 1 丁目 4 番 6 号  
TEL 03-3502-3671 (代)

印刷・製本 株式会社 三州社